



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS  
Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**

**Jonathan Asael Mejía Ardeano**

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, marzo de 2016



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS  
Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JONATHAN ASael MEJÍA ARDEANO**

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2016



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS  
Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 6 de noviembre de 2014.



**Jonathan Asael Mejía Ardeano**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 09 de noviembre de 2014  
Ref.EPS.DOC.794.11.15

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jonathan Asael Mejia Ardeano** con carné No. **201113874**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA.**

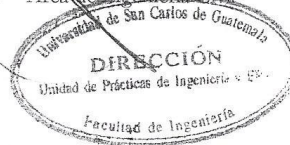
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
SJRS/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
16 de noviembre de 2015

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jonathan Asael Mejía Ardeano, con Carnet No.201113874 , quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/mrrm.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua







**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
18 de enero de 2016

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

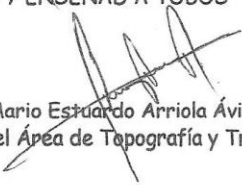
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jonathan Asael Mejía Ardeano, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

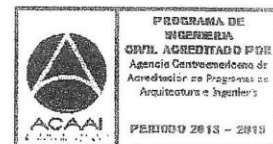
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 27 de enero de 2016  
Ref.EPS.D.40.01.16

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

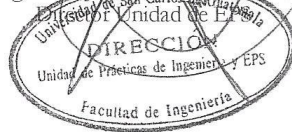
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jonathan Asael Mejia Ardeano, carné 201113874**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por como Asesor – Supervisor y Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano



SJRS/ra







**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Jonathan Asael Mejía Ardeano, titulado **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

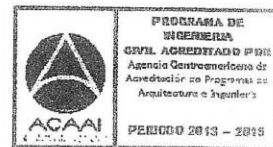
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

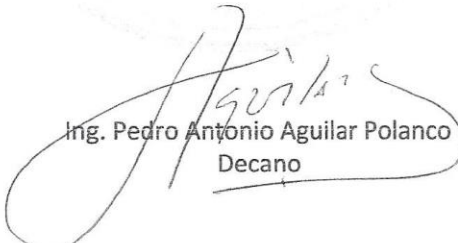


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 086.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS Y DE BODEGA CENTRAL MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Jonathan Asael Mejía Ardeano**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, marzo de 2016

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Porque a Él le debo todo en esta vida.
<b>Mis padres</b>	Jonatán Mejía y Verónica Ardeano, por cada uno de sus esfuerzos para que yo llegara a este logro en mi vida.
<b>Mis hermanas</b>	Lisseth y Alejandra Mejía, porque siempre quiero ser un buen ejemplo para ambas.
<b>Mis abuelos y abuelas</b>	Por cada una de sus oraciones y por siempre estar pendientes de mis logros.
<b>Mis tíos y tías</b>	Por ser una importante influencia en mi vida.
<b>Mis primos y primas</b>	Para demostrarles que con perseverancia y esfuerzo cualquier meta puede ser alcanzada.
<b>Mis amigos</b>	Por estar ahí en las buenas y en las malas.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por la sabiduría que me dio, sin la cual esto no hubiera sido posible.
<b>Mis padres</b>	Porque sé que gracias a ellos y todo lo que me han dado he llegado hasta este punto de mi vida.
<b>Mis hermanas</b>	Por darme aliento e inspiración en cada momento.
<b>Mis tíos, tías, primos y primas</b>	Por cada consejo y apoyo brindado para que yo siguiera adelante.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por cada lección de vida que aprendí dentro de sus pasillos y salones.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por todo el conocimiento brindado para ser un buen profesional.
<b>Mis amigos de la facultad</b>	Porque con la ayuda de todos ustedes puedo cumplir una de mis grandes metas.
<b>Mis amigos del colegio</b>	Por cada momento de alegría que pude compartir con ustedes.

**Colegio Valle Verde**

Por la formación académica brindada y los buenos valores que me inculcó; así como la confianza que me tuvieron.

**Grupo Constructores de Guatemala**

Por todo el apoyo brindado para lograr esta meta y por la experiencia laboral adquirida con ustedes.

**Otros**

Por ese granito de arena, sin el cual no hubiese logrado esta meta.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.2. Características físicas del lugar.....	1
1.2.1. Ubicación y localización.....	1
1.2.2. Clima .....	1
1.2.3. Suelo y topografía.....	2
1.2.4. Población y demografía .....	2
1.3. Características de infraestructura.....	2
1.3.1. Servicios públicos .....	2
1.3.2. Vías de acceso .....	3
1.4. Diagnóstico, evaluación y priorización sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar .....	3
2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL .....	5
2.1. Diseño de bodega central municipal.....	5
2.1.1. Descripción del proyecto .....	5
2.1.2. Ubicación y localización de la bodega.....	7
2.1.3. Diseño arquitectónico .....	8

2.1.4.	Integración de cargas .....	8
2.1.4.1.	Cargas verticales en marcos .....	9
2.1.4.1.1.	Carga viva .....	9
2.1.4.1.2.	Carga muerta .....	10
2.1.4.2.	Cargas horizontales en marcos .....	10
2.1.4.2.1.	Carga de sismo .....	11
2.1.4.2.2.	Carga de viento .....	11
2.1.5.	Análisis aproximado de marcos rígidos .....	12
2.1.5.1.	Momentos de diseño .....	15
2.1.6.	Diseño de estructura en acero .....	19
2.1.6.1.	Techo y forro lateral .....	19
2.1.6.1.1.	Selección de cubierta ....	20
2.1.6.1.2.	Diseño de costaneras ...	20
2.1.6.2.	Marcos principales .....	25
2.1.6.2.1.	Columna.....	31
2.1.6.2.2.	Rodilla .....	31
2.1.6.2.3.	Viga.....	32
2.1.6.3.	Placas de unión.....	32
2.1.6.3.1.	Viga-viga y viga-rodilla .....	34
2.1.6.3.2.	Columna-cimentación y columna-rodilla .....	34
2.1.6.4.	Pernos.....	34
2.1.6.4.1.	Pernos para platina de columna-cimentación.....	36
2.1.6.4.2.	Pernos para platina de columna-rodilla.....	36

	2.1.6.4.3.	Pernos para platina de viga-viga y viga-rodilla .....	37
	2.1.6.5.	Cimentaciones .....	37
	2.1.6.5.1.	Estudio de suelo .....	37
	2.1.6.5.2.	Diseño de zapata.....	39
	2.1.6.5.3.	Diseño de pedestal.....	42
	2.1.7.	Evaluación de impacto ambiental .....	44
	2.1.8.	Planos finales .....	45
	2.1.9.	Presupuesto.....	46
	2.1.9.1.	Integración precios unitarios.....	46
	2.1.9.2.	Resumen del presupuesto .....	53
	2.1.10.	Cronograma de ejecución física y financiera .....	53
2.2.		Diseño de carretera pavimentada que comunica la aldea Chichimecas con la carretera RD-GUA-01 .....	56
	2.2.1.	Descripción del proyecto .....	56
	2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	56
	2.2.2.1.	Levantamiento planimétrico y altimétrico .....	57
	2.2.3.	Consideraciones de diseño .....	58
	2.2.3.1.	Ubicación y localización del tramo carretero .....	58
	2.2.3.2.	Aspecto del camino existente .....	59
	2.2.3.3.	Factores de diseño .....	60
	2.2.4.	Estudio de suelo .....	62
	2.2.4.1.	Granulometría.....	63
	2.2.4.2.	Límites de Atterberg .....	63
	2.2.4.3.	Proctor .....	65
	2.2.4.4.	CBR .....	66

2.2.4.5.	Análisis de resultados .....	69
2.2.5.	Diseño geométrico .....	69
2.2.5.1.	Alineamiento horizontal .....	70
2.2.5.1.1.	Diseño de localización ..	70
2.2.5.1.2.	Tangentes y curvas horizontales.....	71
2.2.5.1.3.	Curvas de transición; peraltes y sobre anchos.....	74
2.2.5.1.4.	Resumen de todas las curvas horizontales .....	78
2.2.5.2.	Alineamiento vertical .....	91
2.2.5.2.1.	Subrasante y pendientes.....	91
2.2.5.2.2.	Curvas verticales.....	92
2.2.5.2.3.	Resumen de todas las curvas verticales .....	97
2.2.6.	Movimiento de tierras .....	105
2.2.6.1.	Secciones transversales.....	105
2.2.6.2.	Cálculo de áreas .....	106
2.2.6.3.	Cálculo de volúmenes .....	108
2.2.6.4.	Balance y diagramas de masas .....	110
2.2.7.	Pavimento rígido .....	111
2.2.7.1.	Subrasante .....	111
2.2.7.2.	Subbase .....	112
2.2.7.3.	Capa de rodadura .....	114
2.2.8.	Diseño de pavimento por el método de la Portland Cement Association (PCA) simplificado..	115

2.2.8.1.	Tipo de carretera según categoría eje-carga.....	116
2.2.8.2.	Diseño de la subbase .....	117
2.2.8.3.	Diseño de espesor del pavimento.....	119
2.2.8.4.	Diseño de mezcla del concreto.....	121
2.2.8.5.	Tipos de juntas y sisas .....	128
2.2.9.	Diseño y localización de drenajes.....	130
2.2.9.1.	Drenajes transversales y longitudinales.....	130
2.2.9.1.1.	Cuenca .....	131
2.2.9.1.2.	Caudal .....	132
2.2.9.1.3.	Medición de caudal por medio del método racional.....	132
2.2.9.1.4.	Determinación de secciones según caudal.....	134
2.2.10.	Planos finales .....	136
2.2.11.	Presupuesto.....	137
2.2.11.1.	Integración precios unitarios.....	137
2.2.11.2.	Resumen del presupuesto .....	147
2.2.12.	Cronograma de ejecución física y financiera .....	147
2.2.13.	Evaluación de impacto ambiental .....	149
CONCLUSIONES .....		151
RECOMENDACIONES.....		153
BIBLIOGRAFÍA.....		155
APÉNDICES .....		157
ANEXOS.....		195



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Artículos de bodega bajo techo de lámina .....	6
2.	Artículos de bodega a la intemperie .....	6
3.	Ubicación y localización bodega central municipal .....	7
4.	Área tributaria de carga por marco.....	9
5.	Velocidades del viento en la República de Guatemala .....	12
6.	Notaciones para fórmulas .....	13
7.	Diagrama para carga viva y carga muerta .....	14
8.	Diagrama para carga de viento .....	14
9.	Diagrama para carga de sismo .....	15
10.	Diagrama de momento para carga viva + carga muerta .....	17
11.	Diagrama de momento para carga de viento .....	17
12.	Diagrama de momento para carga de sismo .....	18
13.	Propiedades de costanera .....	22
14.	Partes principales de un marco metálico.....	26
15.	Valores del factor de longitud efectiva $K$ .....	28
16.	Relación esfuerzo permisible a compresión y esbeltez.....	29
17.	Croquis para platina .....	33
18.	Pozo para extracción de muestra de suelo .....	38
19.	Levantamiento topográfico del tramo .....	57
20.	Ubicación y localización del tramo .....	58
21.	Aspecto del tramo, EST. 0+290 .....	59
22.	Aspecto del tramo, EST. 0+540 .....	60
23.	Calicata para muestra de suelo EST. 1+500.....	62

24.	Curva circular .....	71
25.	Peralte y sobreebanco en curvas de transición .....	76
26.	Tipos de curvas verticales .....	93
27.	Secciones transversales según su relación al terreno natural .....	106
28.	Coordenadas de los vértices de un polígono .....	107
29.	Ordenamiento de coordenadas .....	107
30.	Volumen de corte generado por áreas de corte consecutivas .....	109
31.	Secciones consecutivas mixtas .....	109
32.	Estructura del pavimento rígido .....	111
33.	Categorías de eje-carga .....	116
34.	Valor de “k” por espesor de subbase .....	117
35.	Módulo de reacción de subrasante “k” .....	118
36.	Tipo de soporte de subrasante más subbase .....	119
37.	Espesor de pavimento método PCA simplificado .....	120
38.	Relación entre la razón agua/cemento y la resistencia promedio a la compresión del concreto .....	122
39.	Tamaño máximo del agregado grueso .....	122
40.	Asentamientos de cono recomendados según tipo de construcción ..	123
41.	Densidad del concreto según tamaño máximo del agregado .....	123
42.	Cantidad de agua recomendada para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregados.....	124
43.	Volumen aparente de agregado grueso seco por metro cúbico de concreto ( $l/m^3$ ).....	125
44.	Esquema del sellado de juntas de concreto .....	130
45.	Área de la cuenca para drenaje transversal .....	131
46.	Área de la cuenca para drenaje longitudinal .....	132
47.	Relaciones hidráulica de una sección trapezoidal .....	135
48.	Detalle de sección transversal de cuneta trapezoidal .....	136



## TABLAS

I.	Constantes generales de la estructura.....	16
II.	Reacciones en la estructura.....	19
III.	Propiedades perfil W12x45 .....	31
IV.	Propiedades perfil W14x48 .....	31
V.	Medidas de mitigación para impacto ambiental .....	45
VI.	Precios unitarios de bodega centra municipal.....	47
VII.	Renglones de bodega central municipal .....	53
VIII.	Cronograma de ejecución física y financiera de bodega central municipal.....	54
IX.	Resumen de resultados de ensayos de suelo.....	69
X.	Datos de curvas horizontales.....	79
XI.	Valor $k$ de diseño de curvas verticales .....	94
XII.	Datos de curvas verticales .....	98
XIII.	Resumen de diseño de mezcla para concreto .....	128
XIV.	Precios unitarios de carretera pavimentada .....	138
XV.	Renglones de carretera pavimentada .....	147
XVI.	Cronograma de ejecución física y financiera de carretera pavimentada.....	148



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b><math>b_f</math></b>	Ancho de patín
<b><math>A_s</math></b>	Área de acero
<b><math>V</math></b>	Carga cortante
<b><math>P</math></b>	Carga puntual
<b><math>q</math></b>	Carga uniformemente distribuida en un área
<b><math>W</math></b>	Carga uniformemente distribuida linealmente
<b><math>cm</math></b>	Centímetro
<b><math>C_m</math></b>	Cuerda máxima
<b><math>\Delta</math></b>	Deflexión
<b><math>f'_c</math></b>	Esfuerzo a compresión del concreto
<b><math>f_y</math></b>	Esfuerzo a tensión del acero
<b><math>f_v</math></b>	Esfuerzo de corte
<b><math>t_f</math></b>	Espesor de patín
<b><math>t_w</math></b>	Espesor del alma
<b><math>t</math></b>	Espesor del elemento
<b><math>E</math></b>	External
<b><math>^\circ</math></b>	Grado
<b><math>gr</math></b>	Gramo
<b><math>hr</math></b>	Hora
<b><math>S</math></b>	Inercia del perfil
<b><math>kg</math></b>	Kilogramo
<b><math>km</math></b>	Kilómetro
<b><math>Lb</math></b>	Libra

<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>m</b>	Metro
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Mr</b>	Módulo de ruptura
<b>M</b>	Momento
<b>N</b>	Newton
<b>Pe</b>	Pendiente de entrada
<b>Ps</b>	Pendiente de salida
<b>PC</b>	Principio de curva
<b>PCV</b>	Principio de curva vertical
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>plg</b>	Pulgada
<b>PI</b>	Punto de intersección
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>M</b>	Punto medio u ordenada media
<b>R</b>	Radio
<b>r</b>	Radio de giro
<b><math>\psi</math></b>	Relación de altura de techo con altura de columna
<b><math>\epsilon</math></b>	Relación de esbeltez en columnas
<b><math>\Phi</math></b>	Relación de inclinación de techo con altura de columna
<b>s</b>	Segundo
<b>ST</b>	Subtangente
<b>TE</b>	Tangente de entrada
<b>TS</b>	Tangente de salida
<b>tn</b>	Tonelada métrica

## **GLOSARIO**

<b>AASHTO</b>	America Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>AHMSA</b>	Altos Hornos de México, Sociedad Anónima.
<b>AISC</b>	American Institute of Steel Construction.
<b>Covial</b>	Unidad ejecutora de Conservación Vial.
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos.
<b>EPS</b>	Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>Insivumeh</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario.
<b>PCA</b>	Portland Cement Association.



## **RESUMEN**

Se hizo una pequeña investigación sobre el municipio de Villa Canales y se ubicaron algunos puntos débiles dentro del municipio. Los puntos débiles que eran viables de solucionar son: un camino de terracería en mal estado y una bodega municipal con poco control sobre sus insumos y un mal resguardo de los mismos. Esto se describe en el primer capítulo.

En el segundo capítulo se procede al cálculo para el diseño de ambos proyectos. Para el camino de terracería se hace el diseño geométrico de una nueva carretera de concreto hidráulico, así como también el diseño de la estructura del pavimento. Se describe también el diseño de una nueva bodega central municipal hecha de estructura metálica, esto para tener un mejor control sobre los insumos y un buen lugar donde se puedan resguardar los mismos.

Para ambos proyectos se realizaron un juego de planos con las indicaciones de medidas y tipos de materiales a utilizar para llevar a cabo cada proyecto. Cada plano se llevó a cabo con base en el diseño previo realizado y aprobado por el ingeniero supervisor de EPS.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Generar crecimiento y desarrollo tanto económico como también de infraestructura en el municipio de Villa Canales, por medio del diseño de una carretera pavimentada y de la bodega central municipal, beneficiando de esta manera a la población de la aldea Chichimecas y a la población del municipio en general.

### **Específicos**

1. Generar una ruta de acceso alternativa hacia la aldea Chichimecas y a la cabecera municipal de Villa Canales.
2. Favorecer a los pobladores de la aldea Chichimecas por medio de una nueva ruta que los comunique con la carretera RD-GUA-01, generando así un mayor crecimiento económico.
3. Mantener los materiales de la Municipalidad en las condiciones necesarias para que no sufran cambios físicos o químicos que alteren su funcionalidad.
4. Impedir el robo o pérdida de materiales dentro de la bodega municipal, evitando así de esta manera pérdidas en los fondos públicos.
5. Elaborar los planos, presupuestos y cronogramas de ambos proyectos.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país en vías de desarrollo, en el cual se hace notar mucho la diferencia que existe entre el área rural y el área urbana. La ciudad de Guatemala representa el gran casco urbano del país y este se ha expandido considerablemente en los últimos 10 años. Actualmente los municipios aledaños al municipio de Guatemala forman parte de ese gran casco urbano, y tal es el caso de Villa Canales.

Villa Canales se encuentra ubicado al sur de la ciudad capital, exactamente a 22 kilómetros del palacio nacional. La parte norte del municipio de Villa Canales se puede considerar como parte del casco urbano, esto abarca la aldea Boca del Monte y la misma cabecera municipal de Villa Canales.

Considerando el crecimiento actual del área urbana, por lo tanto de la misma población, se demanda una mejora en la infraestructura vial. En apoyo de esta demanda se considera importante la construcción del tramo carretero que comunica la aldea Chichimecas con la ruta departamental que conduce hacia Villa Canales (RD-GUA-01), el cual consiste en pavimentar la actual terracería de aproximadamente 2 600 metros de longitud con un ancho de calzada de 5,5 metros y cunetas a ambos lados tipo trapezoidal.

Por otro lado, contribuyendo al desarrollo urbano se propone la construcción de una bodega central municipal de 20 metros de ancho por 40 metros de largo, para un total de 800 metros cuadrados de construcción. Dicha bodega aportará al desarrollo municipal de Villa Canales y dará un mejor control sobre los insumos de construcción y operación de la Municipalidad.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del lugar**

Villa Canales es uno de los diecisiete municipios del departamento de Guatemala. Dentro de él se encuentra la aldea Chichimecas.

## **1.2. Características físicas del lugar**

A continuación se describe brevemente la ubicación, localización, clima, suelo, topografía, población y demografía del municipio de Villa Canales.

### **1.2.1. Ubicación y localización**

Villa Canales se encuentra al sur de la ciudad capital; en el kilómetro 22 de la carretera RD-GUA-01. La aldea Chichimecas se encuentra a tan solo tres kilómetros al norte del parque central de Villa Canales.

### **1.2.2. Clima**

El clima es templado, con una temperatura promedio de 20,2 grados centígrados en promedio anual. Su altitud es de 1 250 msnm, factor que influye en el clima templado del lugar.

### **1.2.3. Suelo y topografía**

La topografía del municipio es muy variada, ya que consiste de áreas planas a las faldas del volcán Pacaya, como también áreas montañosas. Dependiendo del área, en sus suelos se cultiva principalmente la piña, como también café y caña de azúcar. Su área total de superficie es de 353 km<sup>2</sup>, aproximadamente.

### **1.2.4. Población y demografía**

La mayoría de la población es ladina y se habla español, aunque también se pueden encontrar en algunos lugares personas de raza indígena.

## **1.3. Características de infraestructura**

A continuación se brevemente la infraestructura del municipio de Villa Canales.

### **1.3.1. Servicios públicos**

La cabecera municipal de Villa Canales cuenta con un centro de salud, una plaza central, un polideportivo, un salón municipal, un estadio municipal, escuelas públicas, y el edificio donde se encuentra la Municipalidad.

En Chichimecas hay un estadio de fútbol para la aldea, así como escuela pública, y un salón público. Cuentan con servicio de agua potable y en algunos lugares con drenajes.

### **1.3.2. Vías de acceso**

Para el acceso a Villa Canales existen varias rutas pavimentadas; por el lado norte a través de la ciudad capital, por el lado este a través de carretera a El Salvador, y por el lado oeste a través de San Miguel Petapa.

Para acceder a Chichimecas existen dos rutas, por el lado sur a través de la cabecera municipal por una carretera de pavimento de concreto y por el lado norte a través de una vía de terracería.

### **1.4. Diagnóstico, evaluación y priorización sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar**

En el municipio de Villa Canales se cuenta con escuelas públicas de nivel primario, secundario y medio, un centro de salud, en determinadas áreas con servicio de agua potable y drenaje. En general, las necesidades básicas son cubiertas en la mayoría de las áreas aledañas a la cabecera municipal, tal es el caso de la aldea Chichimecas.

Uno de los puntos débiles del municipio es la infraestructura de edificaciones. Por ejemplo, se puede mencionar que el edificio municipal no se da abasto, esto debido a la cantidad de vecinos que lo visitan y la cantidad de trabajadores municipales que laboran en él; de igual manera la Municipalidad cuenta con un área de bodega la cual es muy pequeña para la cantidad de materiales que almacena.

Otro de los puntos débiles del municipio es la infraestructura vial. Existe una ruta que comunica la carretera CA-01-ORIENTE (carretera a El Salvador) con Chichimecas, el inconveniente es que es de terracería, el tramo es de 6,5

kilómetros. Existe también un tramo que comunica la carretera RD-GUA-01 con la ruta que se dirige a Chichimecas, el inconveniente es que también es de terracería, el tramo es de 2,6 kilómetros.

Mientras se estuvo en la Municipalidad realizando los seis meses de EPS sucedieron dos fenómenos interesantes, los cuales fueron determinantes para elegir los proyectos a desarrollar. El primero fue que se hizo una auditoría de los materiales y herramientas que se encontraban almacenados en las bodegas municipales, y el resultado de la auditoría fue que había menos materiales y herramientas existentes de las que había en el inventario, concluyendo que los materiales y herramientas se extraviaban o eran robadas.

Y el segundo fue que se realizó un bloqueo en el cruce en la entrada a Villa Hermosa (kilómetro 16 de la ruta RD-GUA-01) y no había paso para Villa Canales; la única ruta alterna era la terracería que conduce a Chichimecas (kilómetro 15,5 de la ruta RD-GUA-01).

Priorizando así la construcción de una bodega central municipal para tener un mejor control sobre los materiales y herramientas municipales, de esta manera se evitará la pérdida o robo de los mismos, evitando así una pérdida económica para la Municipalidad. También se priorizó la construcción de una vía alterna hacia Villa Canales a través de la aldea Chichimecas, generando así crecimiento económico a la aldea Chichimecas y los caseríos aledaños del área como también una nueva ruta de comercio para la cabecera municipal de Villa Canales.



## **2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de bodega central municipal**

Este inciso describe todo el procedimiento llevado a cabo en el diseño de la bodega central para el municipio de Villa Canales.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la construcción de una bodega de estructura metálica de 20 metros de ancho por 40 metros de largo, con techo a dos aguas.

Actualmente la Municipalidad posee una bodega pequeña donde se guardan algunos de los artículos bajo techo que no pueden estar a la intemperie, y un terreo donde se guardan los artículos más grandes que pueden estar a la intemperie. Debido a que no hay un solo lugar donde se guardan los artículos, se desea centralizar, por medio de la bodega central, la distribución de artículos y materiales que son propiedad de la Municipalidad.

A través de la bodega central se tendrá un mejor control de inventario, evitando pérdidas o robos de los materiales y herramientas, ahorrando así gastos innecesarios para la Municipalidad.

**Figura 1. Artículos de bodega bajo techo de lámina**



Fuente: bodega municipal de Villa Canales.

**Figura 2. Artículos de bodega a la intemperie**

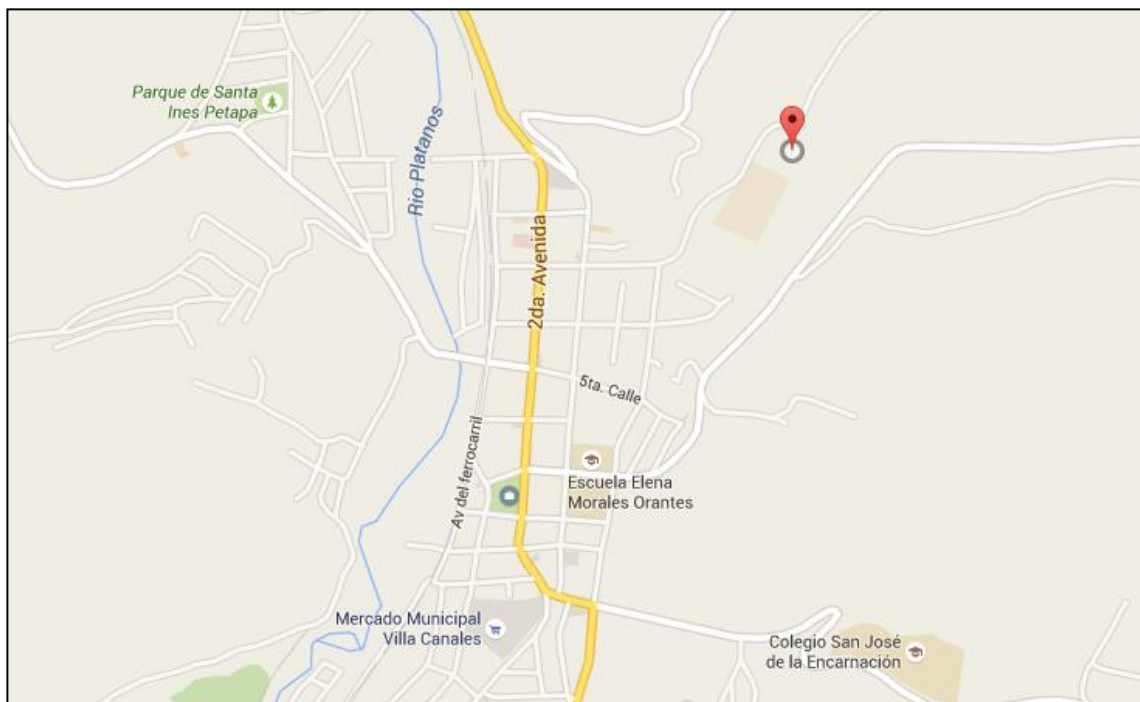


Fuente: anexo de bodega municipal de Villa Canales.

### 2.1.2. Ubicación y localización de la bodega

El terreno donde se construirá la bodega es donde actualmente se cuenta con el anexo de la bodega municipal, ubicado en la finca Tulujá, a un costado del estadio municipal de Villa Canales. Dicho terreno es un terreno plano, por lo que no habrá necesidad de hacer algún tipo de movimiento de tierra considerable.

Figura 3. Ubicación y localización bodega central municipal



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

Debido a la planicie del terreno y que se encuentra entre dos pequeñas montañas, habrá que tomar en consideración el viento que azotará los costados de la bodega.

### **2.1.3. Diseño arquitectónico**

La bodega municipal tendrá 20 metros de ancho por 40 metros de largo, una altura efectiva de 6 metros y al centro una altura de 8 metros, con techo a dos aguas. Para cubrir la luz de 20 metros se utilizarán vigas de acero de alma llena. Todo el contorno (muros) de la estructura será forrado con lámina, y en la parte frontal tendrá dos portones tipo cortina de 5 metros de ancho por 3 metros de alto.

Para ventilación se contemplarán paneles metálicos con aberturas para que circule el aire, a esto se le suma la altura del techo para tener un ambiente fresco donde el aire caliente subirá y el aire frío se mantendrá por la parte baja. Para iluminación se utilizarán láminas transparentes que dejan penetrar la luz del sol durante el día, ya que no habrá actividad dentro de la bodega por la noche.

### **2.1.4. Integración de cargas**

La integración de cargas se hará por marco, para posteriormente hacer el análisis estructural y obtener las reacciones y momentos necesarios para el diseño de la estructura. El área tributaria por marco se hará como lo indica la figura 4; para este caso cuando la carga sea dada por área solo será necesario multiplicarlo por el ancho tributario de 5 metros (16,4042 pies), y de esta manera se obtiene la carga distribuida.

Figura 4. **Área tributaria de carga por marco**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### **2.1.4.1. Cargas verticales en marcos**

Este tipo de cargas son debido a la gravedad, por lo tanto su dirección vectorial es de arriba hacia abajo. Son creadas por el peso de cualquier elemento que contenga masa y afecte a la estructura. Existen cargas vivas, las cuales son cargas que varían en el tiempo, usualmente son cargas producidas por personas u objetos que se mantienen en constante movimiento. Todo lo contrario sucede con las cargas muertas, las cuales son cargas que no varían con el tiempo; las cargas muertas son producidas por el propio peso de la estructura.

##### **2.1.4.1.1. Carga viva**

Tomando en cuenta que sobre la lámina se puede parar algún tipo de ave, pueden caer hojas de los árboles aledaños sobre el techo, el peso de la lluvia o algún trabajador sube al techo para darle mantenimiento, se tomará en cuenta una carga viva de  $15 \text{ Lb/pie}^2$ .

$$W_{viva} = 15 \text{ Lb/pie}^2 * 16,4042 \text{ pie} = 246,06 \text{ Lb/pie}$$

#### 2.1.4.1.2. Carga muerta

La carga muerta está constituida por tres cargas: la primera es el peso de la lámina, la segunda es el peso de la costanera y la tercera es el peso del elemento estructural de perfil W. El peso de la lámina es de 1,32 Lb/pie<sup>2</sup>, el peso de la costanera (ver figura 13) es de 3,66 kg/m (2,45 Lb/pie), y el peso del perfil W se tomará como 50 Lb/pie.

$$W_{lámina} = 1,32 \text{ Lb/pie}^2 * 16,4042 \text{ pie} = 21,65 \text{ Lb/pie}$$

$$W_{costanera} = \frac{2,45 \text{ Lb/pie} * 16,4042 \text{ pie} * 9 \text{ unidades}}{33,465 \text{ pie}} = 10,81 \text{ Lb/pie}$$

$$W_{perfil W} = 50 \text{ Lb/pie}$$

$$W_{muerta} = 21,65 \text{ Lb/pie} + 10,81 \text{ Lb/pie} + 50 \text{ Lb/pie} = 82,46 \text{ Lb/pie}$$

#### 2.1.4.2. Cargas horizontales en marcos

Este tipo de cargas en su mayoría son producidas por fenómenos naturales, tales como sismos, presión ejercida por el viento, presión ejercida por agua o también por el suelo. La dirección de los vectores de estas cargas es de derecha a izquierda o de izquierda a derecha.

#### 2.1.4.2.1. Carga de sismo

La carga de sismo se toma como un porcentaje del peso propio de la estructura (carga muerta), no se debe tomar en cuenta la carga viva. Para este tipo de estructura se tomará un 15 % del peso total de cada marco.

$$P_{sismo} = 0,15 * C_{muerta} = 0,15 * 82,46 \text{ Lb/pie} * (19,685 \text{ pie} + 33,465 \text{ pie}) * 2$$

$$P_{sismo} = 1\ 314,82 \text{ Lb}$$

#### 2.1.4.2.2. Carga de viento

La presión del viento puede estimarse con la siguiente expresión:

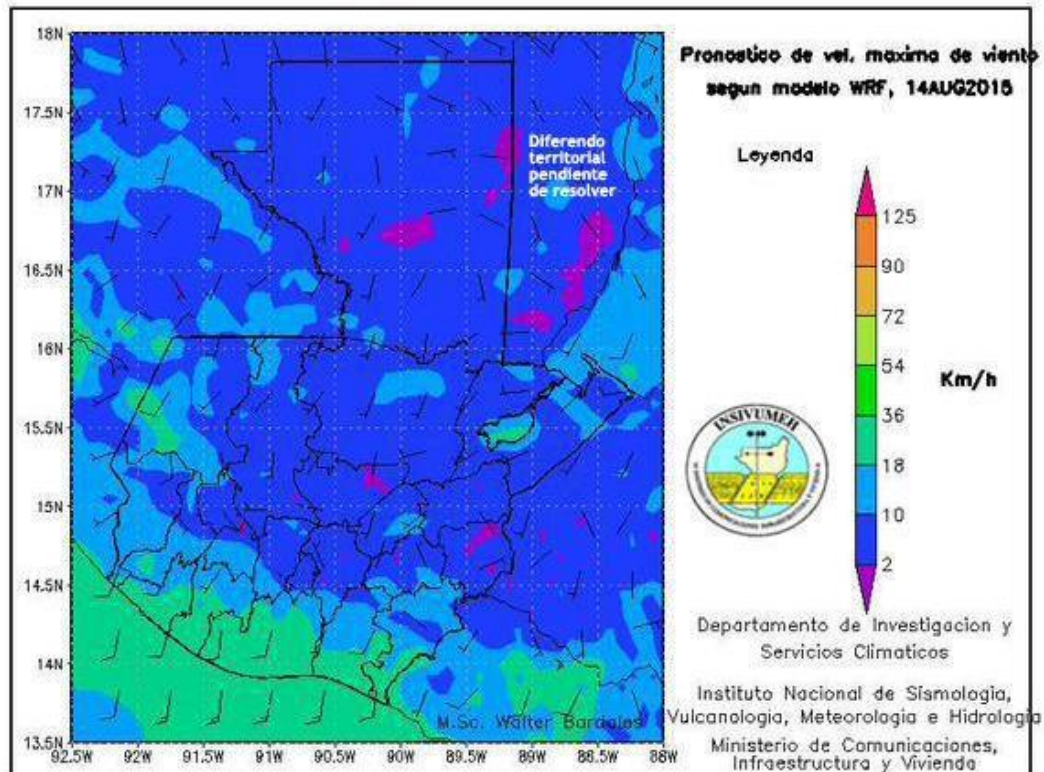
$$q_{viento} = 0,00256 * V^2$$

donde  $q_{viento}$  es la carga de viento por unidad de superficie expresada en  $\text{Lb/pie}^2$  y  $V$  es la velocidad del viento expresada en millas/hora.

Según la figura 5, en el municipio de Villa Canales se registra una velocidad máxima de viento de 10 km/hora (6,21 millas/hora). Aplicando la ecuación anterior se obtiene una presión del viento de  $0,1 \text{ Lb/pie}^2$ .

$$q_{viento} = 0,00256 * (6,21 \text{ millas/hora})^2 = 0,1 \text{ Lb/pie}^2$$

Figura 5. Velocidades del viento en la República de Guatemala



Fuente: Atlas climatológico. <http://i0.wp.com/pbs.twimg.com/media/CMZ5krxUkAAqTBM.jpg>.

Consulta: septiembre de 2015.

$$W_{viento} = 0,1 \frac{Lb}{pie^2} * 16,4042 pie = 1,64 \frac{Lb}{pie}$$

### 2.1.5. Análisis aproximado de marcos rígidos

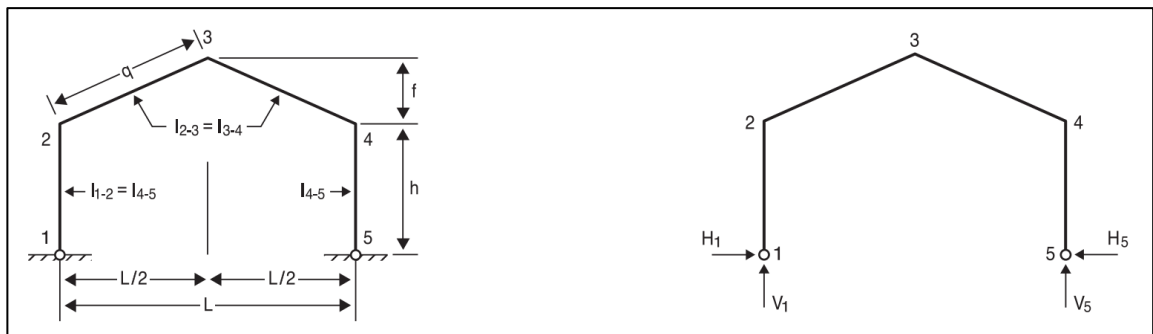
Para diseñar los elementos estructurales principales de la bodega, primero se debe hacer un análisis estructural y determinar los momentos críticos que afectarán la estructura con base en las integraciones de carga que se realizaron en el inciso 2.1.4. Una vez determinados los momentos críticos, se procede a calcular el perfil necesario de columnas y vigas.



Altos Hornos de México Sociedad Anónima (AHMSA) en el 2013, publicó el *Manual de diseño para la construcción con acero* basándose en especificaciones del American Institute of Steel Construction (AISC). En el capítulo VI del manual de AHMSA se detallan las fórmulas y diagramas de marcos rígidos para diversas condiciones de carga estática, dichas fórmulas serán utilizadas para determinar los momentos de diseño y reacciones en las bases de las columnas.

Las fórmulas que se describen a continuación se pueden aplicar para pórticos simétricos que estén articulados en la unión columna-cimentación y que las inercias de las vigas y columnas sean las mismas.

Figura 6. Notaciones para fórmulas



Fuente: Manual AHMSA. p. 254.

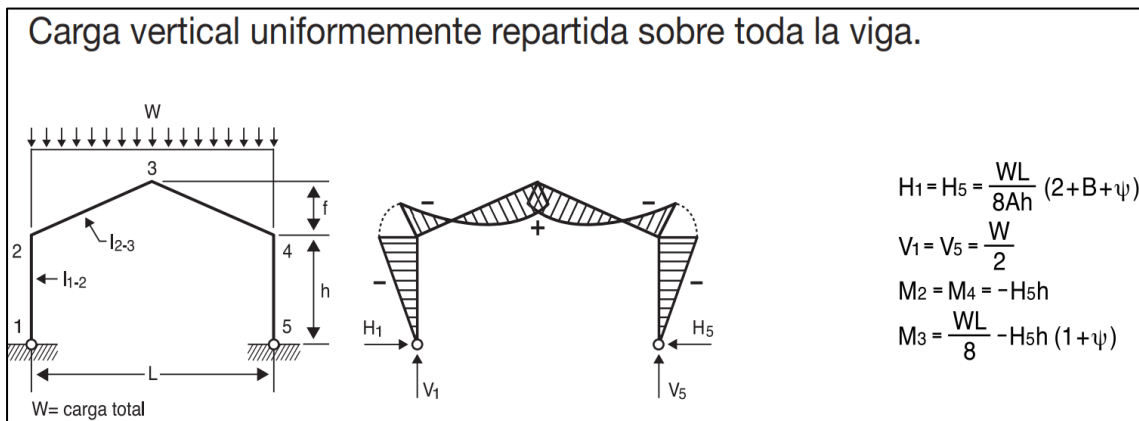
Fórmulas generales para análisis de la estructura:

$$\phi = \frac{q}{h} \qquad \psi = \frac{f}{h} \qquad A = 4\left(3 + 3\psi + \psi^2 + \frac{1}{\phi}\right)$$

$$B = 2\left(3 + 2\psi\right) \qquad C = 2\left(3 + \psi + \frac{2}{\phi}\right)$$

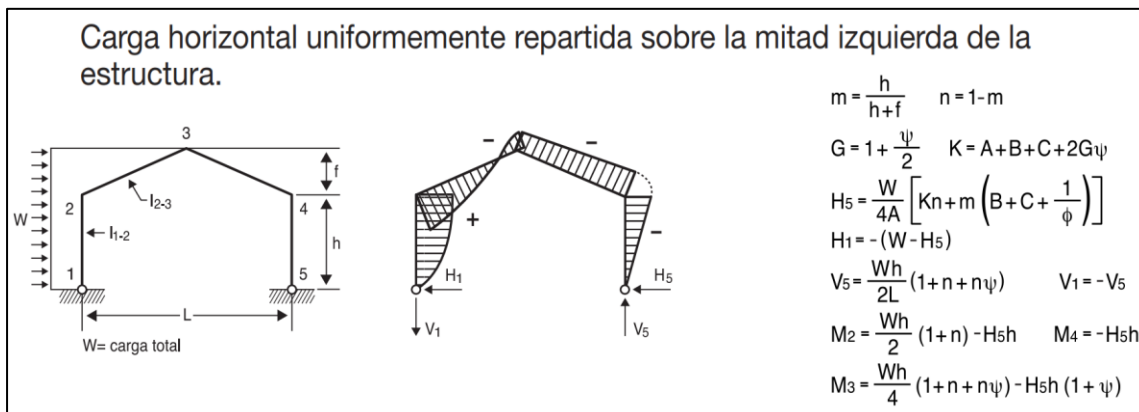
El manual de AHMSA tiene 19 casos de pórticos (ver anexo 1) con diferentes distribuciones de cargas distribuidas y puntuales, de los cuales solo se utilizarán 3, que son los siguientes:

Figura 7. Diagrama para carga viva y carga muerta



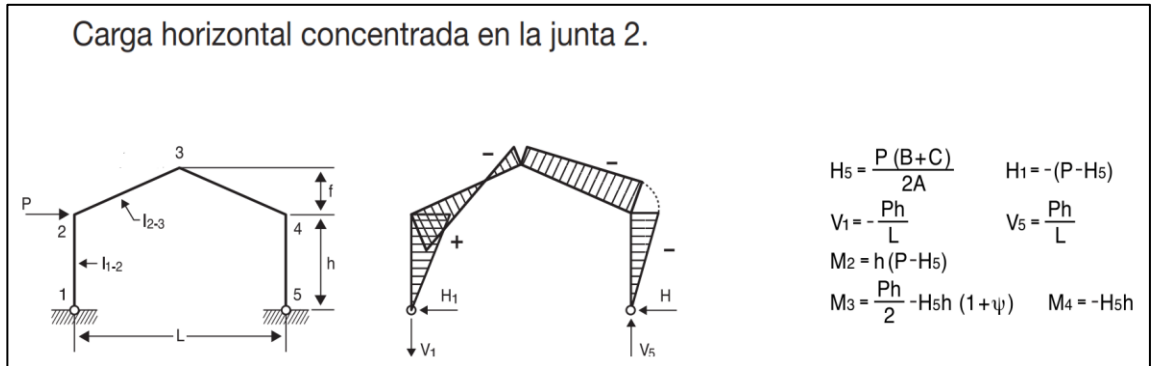
Fuente: Manual AHMSA. p. 255.

Figura 8. Diagrama para carga de viento



Fuente: Manual AHMSA. p. 256.

Figura 9. Diagrama para carga de sismo



Fuente: Manual AHMSA. p. 257.

### 2.1.5.1. Momentos de diseño

Se procederá a calcular los momentos de diseño con base en las fórmulas que provee AHMSA por medio del análisis aproximado de marcos rígidos. Como primer paso se utilizan las fórmulas generales para el análisis de la estructura:

$$\phi = \frac{q}{h} = \frac{33,465 \text{ pie}}{19,685 \text{ pie}} = 1,7 \qquad \psi = \frac{f}{h} = \frac{6,562 \text{ pie}}{19,685 \text{ pie}} = 0,333$$

$$A = 4 \left( 3 + 3\psi + \psi^2 + \frac{1}{\phi} \right) = 4 \left( 3 + 3(0,333) + (0,333)^2 + \frac{1}{(1,7)} \right)$$

$$A = 18,792$$

$$B = 2(3 + 2\psi) = 2(3 + 2(0,333)) = 7,332$$

$$C = 2 \left( 3 + \psi + \frac{2}{\phi} \right) = 2 \left( 3 + (0,333) + \frac{2}{(1,7)} \right) = 9,019$$

Tabulando los resultados se obtiene lo siguiente:

Tabla I. **Constantes generales de la estructura**

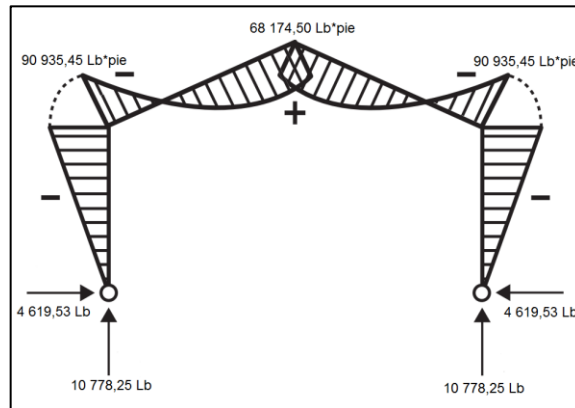
Parámetro	Valor
$q$	33,465 pie
$f$	6,562 pie
$h$	19,685 pie
$L$	65,617 pie
$\phi$	1,7
$\psi$	0,333
$A$	18,792
$B$	7,332
$C$	9,019

Fuente: elaboración propia.

Como segundo paso, habiendo ya calculado las constantes generales de la estructura, se deben utilizar las fórmulas para cada caso según sea la distribución de carga y calcular tanto momentos como reacciones (memoria de cálculo se encuentra en el apéndice 1).

- Primer caso: carga viva + carga muerta

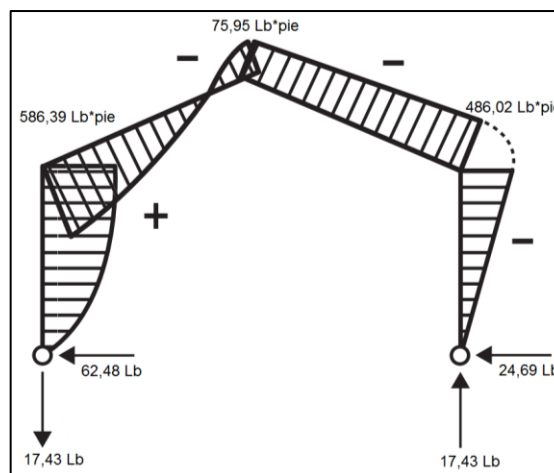
Figura 10. Diagrama de momento para carga viva + carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Segundo caso: carga de viento

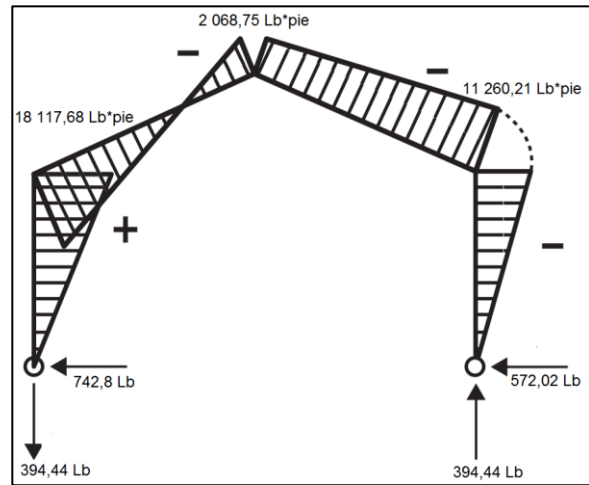
Figura 11. Diagrama de momento para carga de viento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Tercer caso: carga de sismo

Figura 12. Diagrama de momento para carga de sismo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Resumen y combinaciones de momentos

Tabla II. **Reacciones en la estructura**

REACCIÓN	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 1 + CASO 2 + CASO 3	CARGA MÁXIMA
V <sub>1</sub>	+10 778,25 Lb	-17,43 Lb	-394,44 Lb	+10 366,38 Lb	10 778,25 Lb
V <sub>5</sub>	+10 778,25 Lb	+17,43 Lb	+394,44 Lb	+11 190,12 Lb	11 190,12 Lb
H <sub>1</sub>	+4 619,53 Lb	-62,48 Lb	-742,8 Lb	-3 814,25 Lb	4 619,53 Lb
H <sub>5</sub>	-4 619,53 Lb	-24,69 Lb	-572,02 Lb	-5 216,24 Lb	5 216,24 Lb
M <sub>2</sub>	-90 935,45 Lb*pie	+586,39 Lb*pie	+18 117,68 Lb*pie	-72 231,38 Lb*pie	90 935,45 Lb*pie
M <sub>3</sub>	+68 174,50 Lb*pie	-75,95 Lb*pie	-2 068,75 Lb*pie	+66 029,8 Lb*pie	68 174,50 Lb*pie
M <sub>4</sub>	-90 935,45 Lb*pie	-486,02 Lb*pie	-11 260,21 Lb*pie	-102 681,68 Lb*pie	102 681,68 Lb*pie

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6. Diseño de estructura en acero

En este inciso se describe el proceso de diseño de las partes principales de la estructura de acero, tales como: techo, forro lateral, marcos principales, placas de unión, pernos y cimentación.

#### 2.1.6.1. Techo y forro lateral

El techo y el forro lateral son la cubierta de toda la estructura, Ambos elementos funcionan de una manera muy similar.

#### **2.1.6.1.1. Selección de cubierta**

Para la cubierta (techo y forro lateral) se propone lámina de aluzinc troquelada, la cual está hecha de una aleación de aluminio, zinc y silicio. Este tipo de lámina resiste la corrosión, tiene reflectividad lumínica y facilita la adherencia de la pintura. La calidad estructural de esta lámina debe cumplir con la Norma ASTM-A792.

La lámina será de calibre 26, con un ancho de 1.08 metros (ancho efectivo de 1 metro debido al traslape), un largo de 14 pies, y tendrá un peso aproximado de 1,32 Lb/pie<sup>2</sup>. Existirá una variante de lámina transparente para permitir el ingreso de iluminación a la bodega.

#### **2.1.6.1.2. Diseño de costaneras**

Las costaneras funcionarán como el soporte de las láminas. Esto significa que las láminas transmitirán carga a las costaneras y posteriormente las costaneras le transmitirán la carga a las vigas y columnas principales que conforman cada marco de acero.

Para el análisis como primer paso se deben integrar las cargas que afectarán a la costanera y posteriormente se hará el diseño que cumpla con el perfil seleccionado de la costanera. Se debe diseñar con base en los esfuerzos de flexión y corte; también se debe hacer un chequeo por deflexión.

La costanera propuesta para el diseño será de 7"x2"x1/16". Estará afectada por carga de viento, carga viva y carga muerta. Dichas cargas se integraron de la siguiente manera:



- Carga de viento:

De la sección 2.1.4.2.2 se tiene que la presión ejercida por el viento es de  $0,1 \text{ Lb/pie}^2$ , esta presión multiplicada por el espacio entre costaneras da como resultado la carga distribuida que afecta a la costanera.

$$W_{viento} = 0,1 \text{ Lb/pie}^2 * 3,94 \text{ pie} = 0,4 \text{ Lb/pie}$$

- Carga viva:

De la sección 2.1.4.1.1 se tiene que la carga viva es de  $15 \text{ Lb/pie}^2$ , esto multiplicado por el espacio entre costaneras da como resultado la carga distribuida que afecta a la costanera.

$$W_{viva} = 15 \text{ Lb/pie}^2 * 3,94 \text{ pie} = 59,1 \text{ Lb/pie}$$

- Carga muerta:

La carga muerta está constituida por dos cargas, una es el peso de la lámina y el otro es el peso propio de la costanera. El peso de la costanera es de  $3,66 \text{ kg/m}$  ( $2,45 \text{ Lb/pie}$ ). El peso de la lámina es de  $1,32 \text{ Lb/pie}^2$ , esto multiplicado por el espacio entre costaneras da como resultado la carga distribuida que afecta a la costanera.

$$W_{lámina} = 1,32 \text{ Lb/pie}^2 * 3,94 \text{ pie} = 5,2 \text{ Lb/pie}$$

$$W_{costanera} = 2,45 \text{ Lb/pie}$$

$$W_{muerta} = W_{lámina} + W_{costanera} = 5,2 \text{ Lb/pie} + 2,45 \text{ Lb/pie} = 7,65 \text{ Lb/pie}$$

Por lo que la suma de todas las cargas es igual a la carga total que afecta la costanera:

$$W_{total} = 0,4 \text{ Lb/pie} + 59,1 \text{ Lb/pie} + 7,65 \text{ Lb/pie} = 67,15 \text{ Lb/pie}$$

Figura 13. **Propiedades de costanera**

A	B	C	t	Area cm <sup>2</sup>	Peso Kg/ml	Ix cm <sup>4</sup>	Sx cm <sup>3</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	Sy cm <sup>3</sup>
4"	2"	1/2"	1/16"	3.53	2.69	59.56	11.72	12.55	3.71
5	2	1/2	1/16	3.93	2.98	99.59	15.68	13.49	3.80
6	2	1/2	1/16	4.33	3.36	152.30	19.99	14.26	3.87
7	2	1/2	1/16	4.74	3.66	218.99	24.63	14.91	3.93
8	2	1/2	1/16	5.14	3.95	300.97	29.62	15.45	3.97
9	2	1/2	1/16	5.59	4.25	402.60	35.22	16.02	4.03
10	2	1/2	1/16	5.99	4.62	519.95	40.94	16.42	4.06

The diagram shows a C-channel cross-section. Dimension A is the total height of the channel. Dimension B is the width of the flanges. Dimension C is the height of the web. Dimension t is the thickness of the flanges and web.

Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas 1*.  
p. 46.

Con las propiedades de la costanera y la carga que afecta a la costanera se procede a hacer el diseño. Se considera que la costanera está simplemente apoyada en ambos extremos y que cubrirá una luz de 5 metros (16,404 pies).

- Diseño por flexión:

Para el diseño por flexión se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{M}{F}$$

donde S es el módulo de sección elástico expresado en  $plg^3$ , M es el momento máximo expresado en  $Lb \cdot plg$  y F es el esfuerzo permisible del acero A36 (22 000  $Lb/plg^2$ ).

Se sabe que el momento máximo en un elemento con una carga uniformemente distribuida y simplemente apoyado en sus dos extremos está dado por:

$$M = \frac{W * L^2}{8}$$

donde W es la carga uniformemente distribuida expresada en  $Lb/pie$  y L es la longitud del elemento simplemente apoyado expresada en pies.

Por lo que el módulo de sección elástico requerido por la costanera para soportar las cargas es el siguiente:

$$S = \frac{\frac{(67,15 \text{ Lb/pie}) * (16,404 \text{ pie})^2}{8} * (12 \text{ plg/pie})}{22\,000 \text{ Lb/plg}^2} = 1,25 \text{ plg}^3 = 20,56 \text{ cm}^3$$

Dado que la costanera tiene un módulo de sección elástico de  $24,63 \text{ cm}^3$  y es mayor a  $20,56 \text{ cm}^3$  la costanera de 7"x2"x1/16" sí cumple.

- Diseño por corte:

Para el diseño por corte se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_v = \frac{V}{A}$$

donde  $F_v$  es el esfuerzo cortante promedio expresado en  $Lb/plg^2$ ,  $V$  es el cortante vertical máximo expresado en  $Lb$  y  $A$  es el área de la sección transversal que está sometido a esfuerzo de corte expresada en  $plg^2$ .

Se sabe que el cortante máximo en vigas simplemente apoyadas es igual a la reacción mayor, y en vigas simétricamente cargadas cada una de las reacciones es igual a la mitad de la carga total soportada por el elemento. También se toma en cuenta que el esfuerzo de cortante promedio para acero A36 no debe exceder de 14 500  $Lb/plg^2$ .

Por lo que el esfuerzo de cortante promedio para la costanera es de:

$$F_v = \frac{40,81 \text{ Lb}/\text{pie} * 16,4 \text{ pie}}{2} = 455,48 \text{ Lb}/\text{plg}^2$$

$$4,74 \text{ cm}^2 * \left(\frac{1 \text{ plg}}{2,54 \text{ cm}}\right)^2$$

Dado que el esfuerzo cortante promedio es de 455,48  $Lb/plg^2$  y esto es menor que 14 500  $Lb/plg^2$  entonces la costanera de 7"x2"x1/16" sí cumple.

- Diseño por deflexión:

Para el diseño por deflexión se utilizan las siguientes fórmulas:

$$D_{real} < D_{permisible}$$

$$D_{real} = \frac{5 * W * L^3}{384 * E * I}$$

$$D_{permisible} = \frac{L}{360}$$

donde  $D_{real}$  es la deflexión real de la viga expresada en plg,  $D_{permisible}$  es la deflexión permisible de la viga expresada en plg,  $W$  es la carga uniformemente distribuida expresada en Lb/plg,  $L$  es la longitud entre apoyos expresada en plg,  $E$  es el módulo de elasticidad del acero ( $29\ 000 \times 10^3$  Lb/plg<sup>2</sup>) e  $I$  es la inercia de la costanera expresada en plg<sup>4</sup>.

Por lo que la deflexión real tiene que ser menor que la deflexión permisible. Se procede a hacer el chequeo:

$$\frac{5 * \left(40,81 \frac{Lb}{pie}\right) * (16,4 pie)^3 * \left(\frac{12 plg}{1 pie}\right)^2}{384 * (29 \times 10^6 Lb/plg^2) * \left(218,99 cm^4 * \left(\frac{1 plg}{2,54 cm}\right)^4\right)} < \frac{16,4 pie * \left(\frac{12 plg}{1 pie}\right)}{360}$$

$$0,0022 plg < 0,55 plg$$

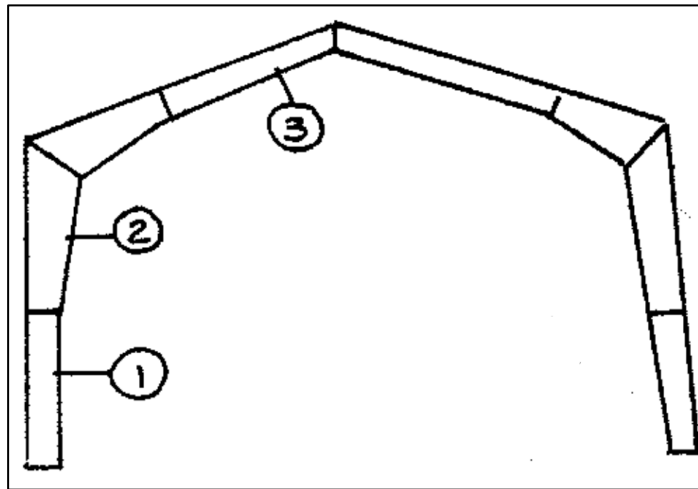
Dado que la deflexión real es menor que la deflexión permisible por lo tanto la costanera de 7"x2"x1/16" sí cumple.

### 2.1.6.2. Marcos principales

Los marcos principales estarán distribuidos a cada 5 metros, siendo así 9 marcos que conforman la estructura metálica. Cada marco es simétrico

respecto del centro, y está conformado por tres partes principales (ver figura 14) que son: columna (1), rodilla (2) y viga (3).

Figura 14. Partes principales de un marco metálico



Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas 1*.  
p. 33.

Cada una de estas partes está sometida a esfuerzos de flexocompresión. Por lo cual se utilizará para el diseño la fórmula que propone el AISC, que es la siguiente:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

donde  $f_a$  es el esfuerzo de compresión,  $f_b$  es el esfuerzo flexionante,  $F_a$  es el esfuerzo admisible a compresión y  $F_b$  es el esfuerzo admisible a flexión.

- Procedimiento de diseño:
  - Se elige algún tipo de perfil.

La sección elegida puede ser cualquier tipo de perfil metálico del cual se sepan las propiedades mecánicas y físicas tales como área, radio de giro e inercias.

- Se calcula el esfuerzo a compresión ( $f_a$ ).

$$f_a = \frac{P}{A}$$

donde P es la carga axial perpendicular al área sometida a compresión expresada en Lb y A es el área sometida a compresión expresada en pulgadas.

- Se calcula la relación de esbeltez.

$$\mathcal{E} = \frac{K * L}{r}$$

donde L es la longitud efectiva del elemento expresada en pulgadas, r es el radio de giro de la sección expresado en pulgadas y K es una constante que se determina según la siguiente figura:

Figura 15. Valores del factor de longitud efectiva  $K$

La configuración deformada de la columna se muestra con línea punteada.						
	Valor teórico de $K$	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0
Valor recomendado para diseño $K$	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
Condiciones de los apoyos						
		Rotación y traslación restringidas	Rotación libre traslación restringida	Rotación restringida traslación libre	Rotación y traslación libres	

Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas 1*.  
p. 12.

- Se obtiene el esfuerzo permisible a compresión ( $F_a$ ) de la siguiente figura en función de la relación de esbeltez.



Figura 16. Relación esfuerzo permisible a compresión y esbeltez

$\frac{kl}{r}$	Fa	$\frac{kl}{r}$	Fa	$\frac{kl}{r}$	Fa	$\frac{kl}{r}$	Fa	$\frac{kl}{r}$	Fa
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14	161	5.76
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99	162	5.69
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	5.62
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	5.55
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	5.49
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	5.42
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	5.35
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	5.29
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	5.23
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	5.17
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	5.11
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	5.05
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	4.99
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	4.93
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	4.88
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	4.82
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	4.77
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	4.71
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	4.66
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	4.61
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	4.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	4.51
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	4.46
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	4.41
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	4.36
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	4.32
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	4.27
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	4.23
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	4.18
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	4.14
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55	191	4.09
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46	192	4.05
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38	193	4.01
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	3.97
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	3.93
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	3.89
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	3.85
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	3.81
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	3.77
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	3.73

Fuente: PAREDES RUIZ, Paola. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. p. 136.

- Se revisa la relación de esfuerzos a compresión.

$$\frac{f_a}{F_a} < 0,15$$

- Se calcula el esfuerzo a flexión.

$$f_b = \frac{M}{S}$$

donde M es el momento flexionante expresado en Lb\*plg y S es el momento de inercia expresado en plg<sup>3</sup>.

- Se obtiene el esfuerzo permisible a flexión el cual es el 60 % del esfuerzo a tensión del acero.

$$F_b = 0,60 * F_y = 0,60 * 36\,000 \text{ Lb/plg}^2 = 22\,000 \text{ Lb/plg}^2$$

- Se utiliza la fórmula del AISC

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

- Se hace una última revisión de esfuerzos

$$f_a + f_b < 0,6 F_y$$

### 2.1.6.2.1. Columna

Para la columna, según el diseño (ver apéndice 2), se utilizará un perfil W12x45. Las propiedades de este perfil son las siguientes:

Tabla III. **Propiedades perfil W12x45**

Área (A)	Peralte (d)	Patín		Alma	Propiedades mecánicas	
		Ancho ( $b_f$ )	Espesor ( $t_f$ )	Espesor ( $t_w$ )	Radio de giro (r)	Inercia (S)
plg <sup>2</sup>	plg	plg	plg	plg	plg	plg <sup>3</sup>
13,2	12,06 (12")	8,045 (8")	0,575 (9/16")	0,335 (5/16")	5,15	58,1

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6.2.2. Rodilla

Para la rodilla, según el diseño (ver apéndice 3), se utilizará un perfil W14x48. Las propiedades de este perfil son las siguientes:

Tabla IV. **Propiedades perfil W14x48**

Área (A)	Peralte (d)	Patín		Alma	Propiedades mecánicas	
		Ancho ( $b_f$ )	Espesor ( $t_f$ )	Espesor ( $t_w$ )	Radio de giro (r)	Inercia (S)
plg <sup>2</sup>	plg	plg	plg	plg	plg	plg <sup>3</sup>
14,1	13,79 (13 3/4")	8,030 (8")	0,595 (5/8")	0,34 (5/16")	5,85	70,3

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6.2.3. Viga

Para la viga, según el diseño (ver apéndice 4), se utilizará un perfil W12x45. Debido a que el perfil de la viga es el mismo que el de la columna se pueden tomar las propiedades de la sección 2.1.6.2.1.

### 2.1.6.3. Placas de unión

Las placas o platinas de unión son elementos de la estructura que absorben esfuerzos a compresión, y son las encargadas de unir dos elementos distintos de la estructura.

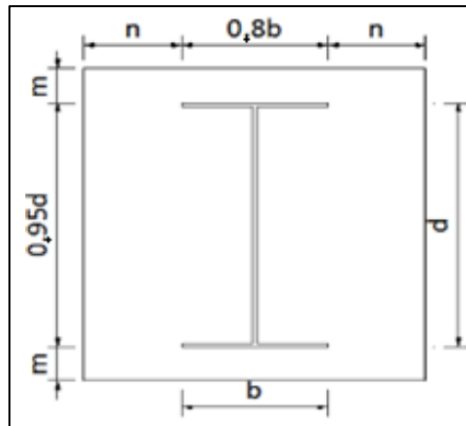
- Procedimiento de diseño:
  - Determinar el área requerida para la platina.

$$A = \frac{P}{F_p}$$

donde A es el área requerida de la placa expresada en  $\text{plg}^2$ , P es la carga perpendicular a la placa expresada en Lb y  $F_p$  es el esfuerzo permisible del acero expresado en  $\text{Lb/ plg}^2$ .

- Hacer croquis de la platina

Figura 17. **Croquis para platina**



Fuente: MÉNDEZ BERREONDO, Luis Antonio. *Diseño del edificio escolar y gimnasio polideportivo en la aldea Cerro de Oro del municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá*. p. 169.

- Calcular los valores de m y n

Determinar los valores de m y n, tomar el mayor; el mayor valor será igual que z.

- Determinar el espesor de la platina

$$t = \sqrt{\frac{3 * \frac{P}{A} * z^2}{0,75 * F_y}}$$

donde t es el espesor de la platina expresado en plg, P es la carga perpendicular a la platina expresada en Lb, A es el área requerida por la platina

expresada en  $\text{plg}^2$ ,  $z$  es el mayor de los valores de  $m$  y  $n$  expresado en  $\text{plg}$  y  $F_y$  es el esfuerzo del acero a tensión expresado en  $\text{Lb/plg}^2$ .

#### **2.1.6.3.1. Viga-viga y viga-rodilla**

Para estas uniones se utilizará una platina de  $10'' \times 14'' \times 1/4''$ . El procedimiento del diseño se encuentra en el apéndice 5.

#### **2.1.6.3.2. Columna-cimentación y columna-rodilla**

Para estas uniones se utilizará una platina de  $10'' \times 14'' \times 1/4''$ . El procedimiento del diseño se encuentra en el apéndice 6.

#### **2.1.6.4. Pernos**

Los pernos, también llamados tornillos, son elementos de la estructura que trabajan junto con las platinas para unir dos elementos distintos de la estructura. Los pernos se encuentran sometidos a esfuerzos de corte y tensión.

Para esta estructura se utilizarán pernos de alta resistencia, designados por la sigla TR. La notación que emplea la Norma ISO 898, indica que la primera sigla es el tipo de perno, seguida por el diámetro del vástago, después la longitud total del vástago (comprendido por la parte lisa y la parte roscada) y por último una cifra que indica la calidad del acero. Estos pernos están normados bajo la Norma ASTM A325.

Para esta estructura se trabajará con pernos de alta resistencia con límite elástico de  $640 \text{ N/mm}^2$  y resistencia a tracción última de  $800 \text{ N/mm}^2$ . En el anexo 3 se encuentra el detalle de los pernos, tuercas y arandelas.

Para el diseño de los pernos se debe utilizar la fórmula de esfuerzos combinados, ya que los pernos se encontrarán sometidos a esfuerzos de corte y tensión al mismo tiempo. La fórmula es la siguiente:

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_t} \leq 1$$

donde  $f_v$  es la fuerza cortante que actúa sobre los pernos expresada en N,  $F_v$  es la fuerza cortante capaz de soportar por los pernos expresada en N,  $f_t$  es la fuerza a tensión que actúa sobre los pernos expresada en N y  $F_t$  es la fuerza a tensión capaz de soportar por los pernos expresada en N.

- Procedimiento de diseño:
  - Determinar la fuerza cortante  $f_v$  que actúa sobre los pernos por medio de un diagrama del cuerpo libre de la unión que contiene los pernos.
  - Determinar la fuerza cortante  $F_v$  que los pernos son capaz de soportar por medio de la siguiente fórmula:

$$F_v = 0,4 * f_{ub} * A_s$$

donde  $f_{ub}$  es la resistencia a tracción última del acero expresada en  $\text{N/mm}^2$  y  $A_s$  es el área de acero expresada en  $\text{mm}^2$  que está resistiendo la fuerza a corte.

- Determinar la fuerza a tensión  $f_t$  que actúa sobre los pernos por medio de un diagrama del cuerpo libre de la unión que contiene los pernos.
- Determinar la fuerza a tensión  $F_t$  que los pernos son capaz de soportar por medio de la siguiente fórmula:

$$F_t = 0,72 * f_{ub} * A_s$$

donde  $f_{ub}$  es la resistencia a tracción última del acero expresada en  $N/mm^2$  y  $A_s$  es el área de acero expresada en  $mm^2$  que está resistiendo la fuerza a tracción.

- Se aplica la fórmula de esfuerzos combinados (corte y tensión) la cual tendrá que cumplir, de lo contrario se propone otra área de acero cambiando el diámetro y cantidad de pernos.

#### **2.1.6.4.1. Pernos para platina de columna-cimentación**

Para esta unión se utilizarán dos pernos TR24x300-8.8. El procedimiento de diseño se puede consultar en el apéndice 7. Estos pernos son de diámetro de 24 mm con una longitud de 300 mm. Se utilizará tuercas para tornillo de alta resistencia tipo MR24 y arandelas para tornillo de alta resistencia tipo AR24.

#### **2.1.6.4.2. Pernos para platina de columna-rodilla**

Para esta unión se utilizarán cuatro pernos TR12x35-8.8. El procedimiento de diseño se puede consultar en el apéndice 8. Estos pernos son de diámetro



de 12 mm con una longitud de 34 mm. Se utilizará tuercas para tornillo de alta resistencia tipo MR12 y arandelas para tornillo de alta resistencia tipo AR12.

#### **2.1.6.4.3. Pernos para platina de viga-viga y viga-rodilla**

Para esta unión se utilizarán cuatro pernos TR12x35-8.8. El procedimiento de diseño se puede consultar en el apéndice 9. Estos pernos son de diámetro de 12 mm con una longitud de 34 mm. Se utilizará tuercas para tornillo de alta resistencia tipo MR12 y arandelas para tornillo de alta resistencia tipo AR12.

#### **2.1.6.5. Cimentaciones**

Son las estructuras que se encargan de transmitir las cargas de toda la estructura metálica al suelo del terreno donde se hará la construcción.

##### **2.1.6.5.1. Estudio de suelo**

Se realizó un pozo en el suelo para tomar una muestra representativa de un pie cúbico a una altura considerable donde se ubicará la cimentación, dicha altura fue de 1,20 metros bajo el nivel del terreno natural. La muestra de un pie cúbico fue cubierta con parafina para que no perdiera humedad y posteriormente trasladada al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se realizaron los respectivos ensayos en el Laboratorio de Suelos.

Figura 18. **Pozo para extracción de muestra de suelo**



Fuente: anexo bodega municipal de Villa Canales.

- **Peso específico**

Es la relación que existe entre el peso de un material y el volumen que ocupa el mismo material, su dimensional es  $\text{gr/cm}^3$ .

Según el ensayo realizado, la muestra del suelo tiene un peso específico de  $1,74 \text{ gr/cm}^3$ . Y la descripción del suelo es “limo arenoso color café”.

- **Ensayo de fuerza triaxial**

Con este ensayo se puede determinar la propiedad del suelo de deformarse cuando es sometido a un esfuerzo. Se crea un cilindro del suelo y

se le aplica presión de confinamiento en todas sus caras, posteriormente se aplica esfuerzo axial hasta que el suelo falla.

Por medio de una gráfica, donde se grafican los esfuerzos cortantes contra el esfuerzo normal, se determina el ángulo de fricción interna del suelo así como también la cohesión del mismo.

Los resultados del ensayo del suelo fueron: cohesión de  $1,78 \text{ tn/m}^2$  y un ángulo de fricción interna de  $18,27^\circ$ .

#### **2.1.6.5.2. Diseño de zapata**

El diseño de la zapata dependerá de la capacidad de carga del suelo. Por lo que primero habrá que determinar la capacidad de carga del suelo, posteriormente el área de la zapata y espesor de la misma, y por último el refuerzo de acero para soportar las cargas por flexión que sufrirá.

- Capacidad de carga del suelo

La capacidad de carga del suelo se obtuvo a través de la fórmula de Terzaghi (ver apéndice 10). Con un factor de seguridad igual a 5 se obtuvo una capacidad de carga de  $13,24 \text{ tn/m}^2$ .

- Largo, ancho y espesor de zapata

Primero se propone un espesor de zapata y se obtiene la capacidad de carga equivalente que tendrá el suelo.

$$t = 0,30 \text{ m}$$

$$q_e = q_{adm} - [\gamma_{concreto} * t + \gamma_{suelo} * (d_f - t)]$$

$$q_e = 13,24 \text{ tn/m}^2 - [2,4 \text{ tn/m}^2 * 0,3 \text{ m} + 1,74 \text{ tn/m}^2 * (1,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m})]$$

$$q_e = 10,95 \text{ tn/m}^2$$

Ahora se calcula el área de la zapata en función de la carga equivalente. La zapata será cuadrada, por lo que el ancho y largo serán el mismo.

$$A = B^2 = \frac{P}{q_e} \Rightarrow B = \sqrt{\frac{P}{q_e}} = \sqrt{\frac{5,08 \text{ tn}}{10,95 \text{ tn/m}^2}} = 0,68 \text{ m} \rightarrow B = 0,85 \text{ m}$$

Ahora se calcula la presión de diseño, la cual está en función de una carga aumentada, como factor de seguridad, y el área propuesta para la zapata.

$$q_u = \frac{1,5 * P}{A} = \frac{1,5 * 5,08 \text{ tn}}{(0,85 \text{ m})^2} = 10,54 \text{ tn/m}^2 < q_e \text{ (sí cumple)}$$

Con las dimensiones de la zapata ya calculadas se procede a hacer chequeos por esfuerzos de corte debido a punzonamiento y flexión.

- Chequeo por punzonamiento

Se produce esfuerzo de corte debido al punzonamiento que generan las cargas que recibe la zapata por medio de la columna. Este esfuerzo es paralelo al área de concreto que está constituida por el espesor de la zapata y el perímetro punzonante.

$$V_u = q_u * A_{ashurada}$$

$$V_u = 10,54 \text{ tn/m}^2 * [(0,85 \text{ m})^2 - (0,3 \text{ m} + 0,22 \text{ m})(0,4 \text{ m} + 0,22 \text{ m})]$$

$$V_u = 4,22 \text{ tn}$$

$$d = \frac{4220 \text{ kg}}{0,85 * 1,1 * \sqrt{211 \text{ kg/cm}^2 * 228 \text{ cm}}} = 1,36 \text{ cm} < 22 \text{ cm} \quad (\text{sí cumple})$$

- Chequeo por flexionamiento

$$V_u = q_u * B * L_1$$

$$V_u = q_u * B * \left[ \frac{B}{2} - \left( \frac{a}{2} + d \right) \right]$$

$$V_u = 10,54 \text{ tn/m}^2 * 0,85 \text{ m} * \left[ \frac{0,85 \text{ m}}{2} - \left( \frac{0,3 \text{ m}}{2} + 0,22 \text{ m} \right) \right] = 0,49 \text{ tn}$$

$$d = \frac{490 \text{ kg}}{0,85 * 0,53 * \sqrt{211 \text{ kg/cm}^2 * 85 \text{ cm}}} = 0,88 \text{ cm} < 22 \text{ cm} \quad (\text{sí cumple})$$

- Refuerzo de acero

Se produce un momento flector en la zapata debido al empuje hacia arriba que produce el suelo, por esta razón se debe reforzar la zapata con acero.

Primero se calcula el momento último en la zapata:

$$M_u = \frac{W * L^2}{2} = \frac{(q_u * B) * l^2}{2} = \frac{10,54 \text{ tn/m}^2 * 0,85 \text{ m} * \left( \frac{0,85 \text{ m} - 0,3 \text{ m}}{2} \right)^2}{2}$$

$$M_u = 0,34 \text{ tn} * \text{m} = 340 \text{ kg} * \text{m}$$

Ya obtenido el momento se procede a calcular el área de acero requerida:

$$A_{s_{req}} = \left( b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right) * 0,85 * \frac{f'c}{f_y}$$

$$A_{s_{req}} = \left( 85 \text{ cm} * 22 \text{ cm} - \sqrt{(85 \text{ cm} * 22 \text{ cm})^2 - \frac{340 \text{ kg} * \text{m} * 85 \text{ cm}}{0,003825 * 211 \text{ kg/cm}^2}} \right) * 0,85 * \frac{211 \text{ kg/cm}^2}{2810 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_{s_{req}} = 0,61 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 85 \text{ cm} * 22 \text{ cm}}{2810 \text{ kg/cm}^2} = 9,38 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el área de acero mínimo, ya que el área requerida es menor que la mínima. Para cubrir el área de acero mínimo se utilizarán 5 varillas núm. 5 (5/8"), para un área total de acero de 9,95 cm<sup>2</sup>.

### 2.1.6.5.3. Diseño de pedestal

El pedestal es la parte de la cimentación que recibe la estructura de acero por medio de una platina. El pedestal es el encargado de transmitir las cargas a la zapata. Este elemento se diseña como una columna corta. Esta columna corta está sometida solamente a esfuerzos de compresión ya que por la tipología de la estructura en las bases de las columnas de acero no hay resistencia a momentos.

En base a las premisas mencionadas en el párrafo anterior solo se debe hacer una revisión por compresión en el área de concreto y utilizar el acero mínimo para la columna ya que no habrá esfuerzos a flexión considerables en la misma. Se propone un pedestal de 0,30 metros de ancho por 0,40 metros de largo.

- Chequeo por compresión

$$\frac{f_c}{F_c} < 1$$

donde  $f_c$  es el esfuerzo a compresión que resiste el pedestal expresado en  $Lb/plg^2$  y  $F_c$  es el esfuerzo a compresión capaz de resistir por el pedestal expresado en  $Lb/plg^2$ .

$$f_c = \frac{11\,190,12\, Lb}{(0,3\, m * 0,4\, m) * \left(39,37\, plg/1\, m\right)^2} = 60,16\, Lb/plg^2$$

$$F_c = 3\,000\, Lb/plg^2$$

$$\frac{f_c}{F_c} = \frac{60,16\, Lb/plg^2}{3\,000\, Lb/plg^2} = 0,02 < 1 \quad (\text{SÍ CUMPLE})$$

El área de concreto es la suficiente para resistir los esfuerzos a compresión.

- Refuerzo de acero

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 30\, cm * 40\, cm}{2\,810\, kg/cm^2} = 6,02\, cm^2$$

Para cubrir el área de acero mínimo se utilizarán 4 varillas núm. 5 (5/8"), para un área total de acero de 7,96  $cm^2$  (se sobrepasará un poco el área de

acero mínimo pero se hace con el fin de utilizar en toda la cimentación varillas núm. 5 por facilidades de construcción).

Para un buen confinamiento del concreto se utilizará refuerzo transversal a cada 15 cm utilizando varillas núm. 2 (1/4").

### **2.1.7. Evaluación de impacto ambiental**

Por medio de la evaluación de impacto ambiental se puede definir la mejor forma de preservar y proteger los recursos naturales debido a la construcción de la bodega. Los impactos debido a la construcción esta bodega se consideran poco significativos, debido que no afectan alguna zona de alto valor escénico, como por ejemplo algún sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal o área de producción pecuaria.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.



Tabla V. **Medidas de mitigación para impacto ambiental**

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Agua	Contaminación de los cuerpos de agua.	Depositar los desechos fuera de la zona del cauce del río.
Flora y fauna	Remoción de cobertura vegetal y alteración del ecosistema.	Disponer adecuadamente del material orgánico para su posible reutilización y restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado durante la construcción.	Utilizar agua para disminuir la cantidad de polvo.
Salud humana	Salud de los trabajadores debido a los derivados de los desechos sólidos.	Construir servicios sanitarios provisionales, disponer de agua potable para los trabajadores y toneles para la basura.

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.8. Planos finales

El juego de planos se encuentra adjunto al trabajo como un apéndice, está comprendido por 5 planos de la siguiente manera:

- Planta y perfil acotado más detalles de techo
- Detalle de marco acotado y detalle de perfiles por marco
- Planta de cimentación y detalle de cimentación
- Detalle de forro general de la estructura, drenaje pluvial y ventilación
- Detalles en general

## **2.1.9. Presupuesto**

En este inciso se describe cada precio unitario del proyecto junto con resumen del presupuesto donde se indica el monto total.

### **2.1.9.1. Integración precios unitarios**

A continuación se presentan los precios unitarios de cada renglón, tomando un 5 % de herramientas para la mano de obra, un 25 % de costos indirectos y considerando un 12 % del IVA.

Tabla VI. Precios unitarios de bodega centra municipal

<b>PRECIO UNITARIO</b>				
------------------------	--	--	--	--

RENLÓN	1	ZAPATA + COLUMNA (CIMENTACIÓN)		
--------	---	--------------------------------	--	--

CANTIDAD	1,000	Unidad		Precio:	1340,92
					Q/ Unidad

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Concretera	8,00	Q 13,50	Q 108,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 108,00
--------------	----------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Albañil	16,00	Q 13,00	Q 208,00
1	Ayudante	16,00	Q 11,00	Q 176,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 384,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 19,20
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
2,55	Cemento	saco	Q 81,00	Q 206,55
0,45	Hierro núm. 5 (5/8")	quintal	Q 290,00	Q 130,92
0,06	Hierro núm. 2 (1/4")	quintal	Q 290,00	Q 16,20
1,52	Alambre de amarre	libra	Q 5,10	Q 7,76
0,238	Piedrín	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 47,60
0,221	Arena	m <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 39,78
3	Madera	pie tabla	Q 7,25	Q 21,75

<b>TOTAL</b>	Q 446,60
--------------	----------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 957,80
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 239,45
<b>SUBTOTAL</b>	Q 1 197,25
<b>IVA 12 %</b>	Q 143,67
<b>TOTAL POR: Unidad</b>	Q 1 340,92

Continuación de la tabla VI.

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

RENGLÓN	2	MARCOS DE ESTRUCTURA METÁLICA (#2 AL #8)
---------	---	--

CANTIDAD	1,000	Unidad		Precio:	32995,48
					Q/ Unidad

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Soldadora	32,00	Q 17,00	Q 544,00
1	Grua	4,00	Q 300,00	Q 1 200,00
1	Soplete	32,00	Q 8,00	Q 256,00
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 2 000,00
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Herrero	64,00	Q 13,00	Q 832,00
1	Ayudante	32,00	Q 11,00	Q 352,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 184,00
--------------	------------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 59,20
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
100	Electrodos grado 8	Lb	Q 11,00	Q 1 100,00
5,00	Oxígeno	gal	Q 28,00	Q 140,00
5,00	Acetileno	gal	Q 34,00	Q 170,00
84,00	Pernos 1" con tuerca y arandela	unidad	Q 32,00	Q 2 688,00
0,72	Plancha de 6'x20'x9/16"	unidad	Q 8 300,00	Q 5 976,00
1,00	Plancha de 6'x20'x5/16"	unidad	Q 4 550,00	Q 4 550,00
0,58	Plancha de 6'x20'x5/8"	unidad	Q 9 200,00	Q 5 336,00
0,10	Plancha de 6'x20'x1/4"	unidad	Q 3 650,00	Q 365,00

<b>TOTAL</b>	Q 20 325,00
--------------	-------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		Q 23 568,20
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>25 %</b>	Q 5 892,05
<b>SUBTOTAL</b>		Q 29 460,25
<b>IVA</b>	<b>12 %</b>	Q 3 535,23
<b>TOTAL POR:</b>	<b>Unidad</b>	Q 32 995,48

Continuación de la tabla VI.

<b>PRECIO UNITARIO</b>				
------------------------	--	--	--	--

RENLÓN	3	MARCOS DE ESTRUCTURA METÁLICA (#1 Y #9)		
--------	---	---	--	--

CANTIDAD	1,000	Unidad		Precio:	49523,88
					Q/ Unidad

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Soldadora	32,00	Q 17,00	Q 544,00
1	Grua	4,00	Q 300,00	Q 1 200,00
1	Soplete	16,00	Q 8,00	Q 128,00
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 872,00
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Herrero	64,00	Q 13,00	Q 832,00
1	Ayudante	32,00	Q 11,00	Q 352,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 184,00
--------------	------------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 59,20
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
150	Electrodos grado 8	Lb	Q 11,00	Q 1 650,00
7,00	Oxígeno	gal	Q 28,00	Q 196,00
7,00	Acetileno	gal	Q 34,00	Q 238,00
94,00	Pernos 1" con tuerca y arandela	unidad	Q 32,00	Q 3 008,00
1,56	Plancha de 6'x20'x9/16"	unidad	Q 8 300,00	Q 12 948,00
1,84	Plancha de 6'x20'x5/16"	unidad	Q 4 550,00	Q 8 372,00
0,58	Plancha de 6'x20'x5/8"	unidad	Q 9 200,00	Q 5 336,00
0,14	Plancha de 6'x20'x1/4"	unidad	Q 3 650,00	Q 511,00

<b>TOTAL</b>	Q 32 259,00
--------------	-------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		Q 35 374,20
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>25 %</b>	Q 8 843,55
<b>SUBTOTAL</b>		Q 44 217,75
<b>IVA</b>	<b>12 %</b>	Q 5 306,13
<b>TOTAL POR:</b>	<b>Unidad</b>	Q 49 523,88

Continuación de la tabla VI.

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

RENGLÓN	4	FORRO DE TECHO
---------	---	----------------

CANTIDAD	1,000	m <sup>2</sup>		Precio:	252,74
					Q/ m <sup>2</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Soldadora	0,03	Q 17,00	Q 0,51
1	Grua	0,01	Q 300,00	Q 1,50
1	Soplete	0,02	Q 8,00	Q 0,16
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>		Q 2,17
--------------	--	--------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Herrero	0,16	Q 13,00	Q 2,08
1	Ayudante	0,08	Q 11,00	Q 0,88
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>		Q 2,96
--------------	--	--------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>		Q 0,15
--------------	--	--------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
0,025	Electrodos grado 2	Lb	Q 6,00	Q 0,15
0,001	Oxígeno	gal	Q 28,00	Q 0,04
0,001	Acetileno	gal	Q 34,00	Q 0,04
3,00	Tomillos punta de broca 1 1/2"	unidad	Q 1,10	Q 3,30
0,20	Costanera 6 m de 7"x2"x1/16"	unidad	Q 280,00	Q 56,00
0,04	Hierro plano de 1"x1/8"	unidad	Q 140,00	Q 4,90
0,06	Hierro circular de 1/2"	unidad	Q 95,00	Q 5,23
0,18	Angular 4"x4"x1/4"	unidad	Q 260,00	Q 46,80
0,25	Lámina troquelada de 1,08 m x 14 pies	unidad	Q 220,00	Q 55,00
0,02	Lámina transparente de 1,08 m x 14 pies	unidad	Q 190,00	Q 3,80

<b>TOTAL</b>		Q 175,25
--------------	--	----------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		Q 180,53
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	25 %	Q 45,13
<b>SUBTOTAL</b>		Q 225,66
<b>IVA</b>	12 %	Q 27,08
<b>TOTAL POR:</b>	m <sup>2</sup>	Q 252,74

Continuación de la tabla VI.

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

RENLÓN	5	FORROS DE LATERALES, FRONTAL Y TRASERO
--------	---	--

CANTIDAD	1,000	m <sup>2</sup>		Precio:	194,26
					Q/ m <sup>2</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Soldadora	0,0166	Q 17,00	Q 0,28
1	Grua	0,003	Q 300,00	Q 1,00
1	Soplete	0,01	Q 8,00	Q 0,08
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1,36
--------------	--------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Herrero	0,11	Q 13,00	Q 1,38
1	Ayudante	0,05	Q 11,00	Q 0,58
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1,96
--------------	--------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 0,10
--------------	--------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
0,0166	Electrodos grado 2	Lb	Q 6,00	Q 0,10
0,001	Oxígeno	gal	Q 28,00	Q 0,03
0,001	Acetileno	gal	Q 34,00	Q 0,03
3,00	Tornillos punta de broca 1 1/2"	unidad	Q 1,10	Q 3,30
0,18	Costanera 6m de 7"x2"x1/16"	unidad	Q 280,00	Q 50,40
0,25	Lámina troquelada de 1,08 m x 14 pies	unidad	Q 220,00	Q 55,00
0,020	Portón tipo persiana de 5 m x 3 m	m <sup>2</sup>	Q 657,90	Q 13,16
0,066	Panel de ventilación	m <sup>2</sup>	Q 201,75	Q 13,32

<b>TOTAL</b>	Q 135,34
--------------	----------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		Q 138,76
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>25 %</b>	Q 34,69
<b>SUBTOTAL</b>		Q 173,45
<b>IVA</b>	<b>12 %</b>	Q 20,81
<b>TOTAL POR:</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	Q 194,26

Continuación de la tabla VI.

<b>PRECIO UNITARIO</b>				
------------------------	--	--	--	--

RENGLÓN	6	DRENAJE DE AGUA PLUVIAL		
---------	---	-------------------------	--	--

CANTIDAD	1,000	m		Precio:	206,67
					Q/ m

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Soldadora	0,05	Q 17,00	Q 0,85
1	Grúa	0,01	Q 300,00	Q 3,75
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 4,60
--------------	--------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Herrero	0,40	Q 13,00	Q 5,20
1	Ayudante	0,20	Q 11,00	Q 2,20
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 7,40
--------------	--------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 0,37
--------------	--------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
1	Canal calibre 26	m	Q 60,00	Q 60,00
0,23	Tubo pvc 4"	unidad	Q 180,00	Q 40,50
0,45	Codos 90° pvc 4"	unidad	Q 60,00	Q 27,00
0,01	Pegamento para pvc	gal	Q 600,00	Q 7,50
0,05	Electrodo grado 2	Lb	Q 5,00	Q 0,25

<b>TOTAL</b>	Q 135,25
--------------	----------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		Q 147,62
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>25 %</b>	Q 36,91
<b>SUBTOTAL</b>		Q 184,53
<b>IVA</b>	<b>12 %</b>	Q 22,14
<b>TOTAL POR:</b>	<b>m</b>	Q 206,67

Fuente: elaboración propia.



### 2.1.9.2. Resumen del presupuesto

El precio total del proyecto es de setecientos veintiocho mil quinientos sesenta y un quetzales con cuarenta centavos (Q 728 561,40). En la tabla VII se muestra la integración de los renglones.

Tabla VII. **Renglones de bodega central municipal**

RENLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ZAPATA + COLUMNA (CIMENTACIÓN)	Unidad	24	Q 1 340,92	Q 32 182,08
2	MARCOS DE ESTRUCTURA METÁLICA (#2 AL #8)	Unidad	7	Q 32 995,48	Q 230 968,36
3	MARCOS DE ESTRUCTURA METÁLICA (#1 Y #9)	Unidad	2	Q 49 523,88	Q 99 047,76
4	FORRO DE TECHO	m <sup>2</sup>	800	Q 252,74	Q 202 192,00
5	FORROS DE LATERALES, FRONTAL Y TRASERO	m <sup>2</sup>	760	Q 194,26	Q 147 637,60
6	DRENAJE DE AGUA PLUVIAL	m	80	Q 206,67	Q 16 533,60
				<b>TOTAL</b>	<b>Q 728 561,40</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Cronograma de ejecución física y financiera

El proyecto se llevará a cabo en veintiséis días, a menos que surja algún imprevisto y se deba interrumpir el cronograma de trabajo que se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Cronograma de ejecución física y financiera de bodega central municipal**

RENGLÓN	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	Q 8 045,52	Q 8 045,52	Q 8 045,52	Q 8 045,52			
2	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74
3							
4							
5							
6							
TOTAL	Q 24 543,26	Q 24 543,26	Q 24 543,26	Q 24 543,26	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74
TOTAL ACUMULADO	Q 24 543,26	Q 49 086,52	Q 73 629,78	Q 98 173,04	Q 114 670,78	Q 131 168,52	Q 147 666,26
PORCENTAJE	3,37 %	3,37 %	3,37 %	3,37 %	2,26 %	2,26 %	2,26 %
PORCENTAJE ACUMULADO	3,37 %	6,74 %	10,11 %	13,47 %	15,74 %	18,00 %	20,27 %

RENGLÓN	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13
1						
2	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74
3						
4						
5						
6						
TOTAL	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74	Q 16 497,74
TOTAL ACUMULADO	Q 164 164,00	Q 180 661,74	Q 197 159,48	Q 213 657,22	Q 230 154,96	Q 246 652,70
PORCENTAJE	2,26 %	2,26 %	2,26 %	2,26 %	2,26 %	2,26 %
PORCENTAJE ACUMULADO	22,53 %	24,80 %	27,06 %	29,33 %	31,59 %	33,85 %

RENGLÓN	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20
1							
2	Q 16 497,74						
3		Q 24 761,94	Q 24 761,94	Q 24 761,94	Q 24 761,94		
4						Q 50 548,00	Q 50 548,00
5							
6							
TOTAL	Q 16 497,74	Q 24 761,94	Q 24 761,94	Q 24 761,94	Q 24 761,94	Q 50 548,00	Q 50 548,00
TOTAL ACUMULADO	Q 263 150,44	Q 287 912,38	Q 312 674,32	Q 337 436,26	Q 362 198,20	Q 412 746,20	Q 463 294,20
PORCENTAJE	2,26 %	3,40 %	3,40 %	3,40 %	3,40 %	6,94 %	6,94 %
PORCENTAJE ACUMULADO	36,12 %	39,52 %	42,92 %	46,32 %	49,71 %	56,65 %	63,59 %

Continuación de la tabla VIII.

REGLÓN	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26
1						
2						
3						
4	Q 50 548,00	Q 50 548,00				
5			Q 49 212,53	Q 49 212,53	Q 49 212,53	
6						Q 16 533,60
TOTAL	Q 50 548,00	Q 50 548,00	Q 49 212,53	Q 49 212,53	Q 49 212,53	Q 16 533,60
TOTAL ACUMULADO	Q 513 842,20	Q 564 390,20	Q 613 602,73	Q 662 815,27	Q 712 027,80	Q 728 561,40
PORCENTAJE	6,94 %	6,94 %	6,75 %	6,75 %	6,75 %	2,27 %
PORCENTAJE ACUMULADO	70,53 %	77,47 %	84,22 %	90,98 %	97,73 %	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Diseño de carretera pavimentada que comunica la aldea Chichimecas con la carretera RD-GUA-01**

Este inciso describe todo el procedimiento llevado a cabo en el diseño de la carretera pavimentada que comunica la aldea Chichimecas con la carretera RD-GUA-01, en el municipio de Villa Canales.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en pavimentar lo que actualmente es un camino de terracería que comunica la aldea Chichimecas con la carretera RD-GUA-01. De esta manera se tendrá una vía alterna a Villa Canales a través de Chichimecas. De este modo se desarrollará la infraestructura vial del municipio de Villa Canales, y se obtendrá más desarrollo económico tanto para la aldea Chichimecas como para la cabecera municipal de Villa Canales.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

Se realizó un levantamiento topográfico a través de una estación total. Se trabajó de la mano con un topógrafo profesional con varios años de experiencia en el campo de las carreteras.

Se utilizó una brújula para determinar el norte al inicio del levantamiento. Se tomaron secciones transversales a cada 20 metros y en cada sección transversal se realizaron dos medidas por lado más la línea central, o sea, 5 puntos por cada sección transversal. También se tomaron los datos de los puntos importantes como lo fueron algunas edificaciones de referencia y un puente que se encuentra en el tramo.

### 2.2.2.1. Levantamiento planimétrico y altimétrico

El levantamiento planimétrico consiste en tomar las coordenadas equis y ye “(X, Y)” de un punto. El levantamiento altimétrico consiste en tomar las coordenadas zeta “(Z)” de un punto. Al combinar ambas ya se puede definir la posición de un punto en un espacio de tres dimensiones (X, Y, Z).

La estación total se encarga de recopilar ese tipo de información por medio de un sistema que consiste en apuntar a un prisma y se envía un haz de luz, el cual rebota en el prisma y por medio de los ángulos registrados por la estación total (tanto en su eje vertical como horizontal), más el tiempo que le toma al haz de luz en regresar, se registra la posición del nuevo punto por medio de triangulaciones y distancias.

Figura 19. Levantamiento topográfico del tramo



Fuente: tramo que conduce hacia aldea Chichimecas.

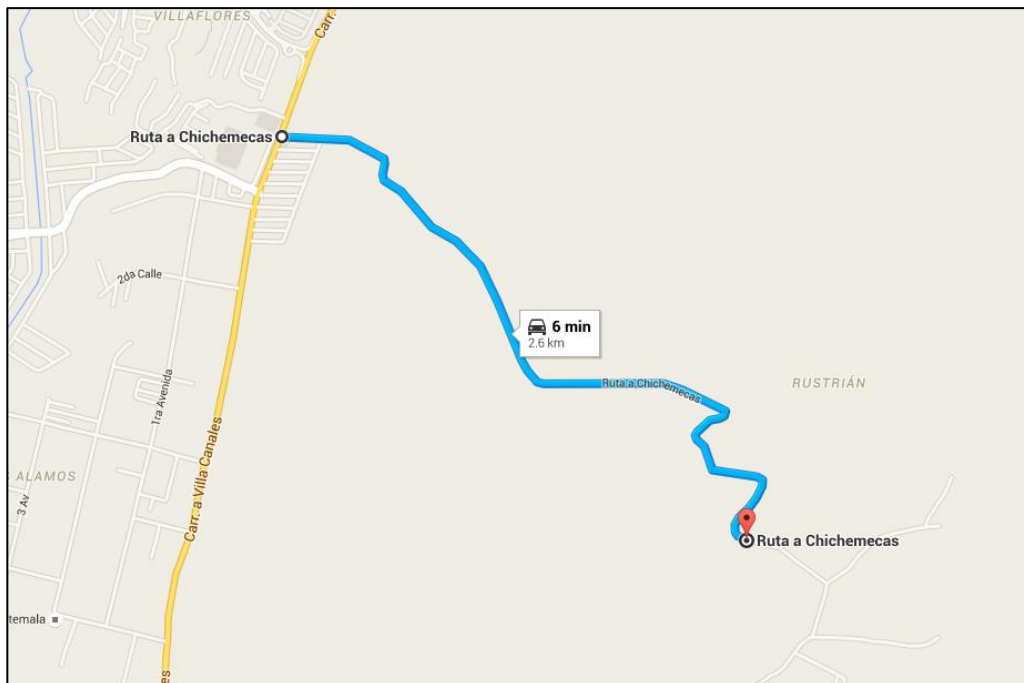
### 2.2.3. Consideraciones de diseño

En este inciso se describen aspectos importantes que se tomaron en cuenta para el diseño de la carretera pavimentada.

#### 2.2.3.1. Ubicación y localización del tramo carretero

El tramo carretero inicia en el entronque a la altura del kilómetro 15,5 sobre la carretera RD-GUA-01. El rumbo gobernante del tramo es sureste. El tramo consta de aproximadamente 2,6 kilómetros de terracería.

Figura 20. Ubicación y localización del tramo



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

### **2.2.3.2. Aspecto del camino existente**

El camino existente es de terracería. La Municipalidad de Villa Canales es la única encargada del mantenimiento del tramo, ya que Covial no hace mantenimiento del mismo.

En algunos lugares el ancho de calzada es de hasta 8 metros, pero en otros lugares el ancho de calzada es de 6 metros, esto debido a la invasión vegetal y también a la invasión de los vecinos del lugar que no respetaron el derecho de vía del tramo.

Un aspecto muy importante del tramo es que pasa dentro de una finca (Las Mercedes), la cual cedió el paso para el tramo y debido a esto una gran parte del tramo en ambos lados cuenta con un muro perimetral propiedad de la finca.

Figura 21. **Aspecto del tramo, EST. 0+290**



Fuente: parte inicial del tramo que conduce hacia aldea Chichimecas.

Figura 22. **Aspecto del tramo, EST. 0+540**



Fuente: tramo que conduce hacia aldea Chichimecas.

### **2.2.3.3. Factores de diseño**

Los dos factores de diseño más importantes para una carretera son la cantidad de vehículos que transitarán en ella y la topografía del terreno en donde se encuentra.

Con base en la cantidad de vehículos que transitan el tramo se hace una proyección para determinar la cantidad de vehículos que transitarán en el tramo en determinado plazo de tiempo. Este factor determinará el tipo de carretera que se debe construir, lo cual determina el ancho de calzada de la carretera, así como la cantidad de carriles. Este factor es llamado TPD (tránsito promedio diario).



Para esta carretera se realizó un TPD en noviembre del 2014, el cual dio como resultado un conteo de 50 vehículos, entre ellos buses extraurbanos, camiones de 3,5 toneladas, carros livianos, *pickups*, motocicletas y algunas bicicletas. Haciendo la proyección en un plazo de 20 años con una tasa de crecimiento del 3,5 % se tiene el siguiente resultado:

$$TPD_{20 \text{ años}} = 50 * (1 + 0,035)^{20} = 100$$

Por lo que en 20 años, en el tramo que conduce hacia la aldea Chichimecas habrá un tránsito diario de 100 vehículos.

La topografía del terreno es otro dato importante ya que con ella se rige la velocidad de diseño del tramo. La velocidad de diseño influye en la geometría de las curvas tanto horizontales y verticales que habrá en el tramo, así como también la pendiente máxima de diseño en las tangentes verticales. En este tramo se tomó la topografía como “ondulada”, debido al tipo de pendientes registradas en el levantamiento topográfico.

Así que, según de la Dirección General de Caminos (ver anexo 4), se trabajará con una carretera “tipo F”, con ancho de calzada de 5,50 metros, una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora, con radios mínimos de 30 metros, y una pendiente máxima de 12 %.

#### 2.2.4. Estudio de suelo

Para el estudio de suelo de la subrasante, se tomaron muestras representativas del suelo existente en el tramo, haciendo calicatas a cada 500 metros (ver figura 23). Posteriormente se llevaron las muestras al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se realizaron los respectivos ensayos en el Laboratorio de Suelos. Los resultados de los estudios de suelos se encuentran en el anexo 7.

Figura 23. Calicata para muestra de suelo EST. 1+500



Fuente: tramo que conduce hacia aldea Chichimecas.

#### **2.2.4.1. Granulometría**

Este ensayo determina la graduación de los granos en función de sus diámetros por medio de un tamizado para determinar la cantidad arcillas, limos, arenas y gravas que conforman el suelo.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos tamaños. Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son colocados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial. Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos.

El material que se ensayó tiene un 29,57 % de grava, un 50,20 % de arena y un 20,24 % de finos. De esta manera se clasificó el material como una “arena con grava limosa color café”. Dentro de la clasificación del Public Road Administration (PRA) se clasifica como “A-1-b” (ver anexo 5) y para el Sistema de Clasificación Unificado (SCU) como “SM”.

#### **2.2.4.2. Límites de Atterberg**

Existen tres tipos de límites para los suelos finos, los cuales dependen de su consistencia según la humedad que contienen. Los tres tipos de límites son el límite líquido, límite plástico y el límite de retracción o contracción. Estos límites sirven para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

El límite líquido es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que el surco que previamente se ha recortado, se cierre en una longitud de 12,7 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre el surco es 25, la humedad del suelo (peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido.

El límite plástico es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico. Esta propiedad se mide en laboratorio midiendo el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm. Para esto, se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta conseguir un cilindro de 3 mm de diámetro. Al llegar a este diámetro, se desarma el cilindro, y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente un cilindro de 3 mm.

El límite de retracción o contracción es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad. Esta propiedad se manifiesta cuando una pérdida de humedad no trae consigo un cambio de volumen. Es el contenido de humedad entre los estados de consistencia semisólido y sólido. Para su obtención en laboratorio se seca una porción de suelo (humedad inicial y volumen inicial conocidos) de 105 a 110 °C y se calcula la humedad perdida.

El material que se ensayó no presentó algún límite líquido o índice de plasticidad.

### **2.2.4.3. Proctor**

El ensayo de Proctor determina la compactación máxima de un material por medio de su humedad óptima. Para esto se compacta una porción de suelo en un cilindro de volumen conocido con determinada humedad, dicha humedad se va variando hasta obtener un punto máximo de compactación. Al determinar el punto máximo de compactación se determina la humedad óptima de compactación.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos radica en la distinta energía utilizada, debido a una mayor masa del martillo y mayor altura de caída en el Proctor modificado. A continuación se describe el procedimiento del ensayo.

Se procede a secar al aire una cantidad considerable de suelo. Se selecciona el material haciéndolo pasar por el tamiz núm. 4; se utiliza en el ensayo solo el material que pase el tamiz núm. 4. Se mezcla cada porción de suelo, con agua para llevarla al contenido de humedad deseado, considerando el agua contenida en la muestra.

Se pesa el molde y su base. Se coloca el collar ajustable sobre el molde. Colocar una capa de material de aproximadamente  $\frac{1}{3}$  de la altura del molde más el collar. Compactar la capa con 25 golpes uniformemente distribuidos en el molde de 100 mm de diámetro con un martillo de 2,5 kg con una altura de caída de 30,5 cm. Esto se debe repetir 2 veces. Al compactar la última capa debe quedar un pequeño exceso de material por sobre el borde del molde, el que debe sobresalir de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pulgada.

Retirar cuidadosamente el collar ajustado y enrasar la superficie del molde con una regla metálica. Pesar el molde y el suelo y restar el peso del primero, obteniendo así la masa del suelo compactado. Retirar el material del molde y extraer dos muestras representativas del suelo compactado. Obtener la humedad de cada uno de ellos y registrar la humedad del suelo compactado como el promedio de ambas.

Repetir los pasos anteriores, hasta que haya un decremento en la densidad húmeda del suelo. El ensayo se debe efectuar desde la condición más seca a la condición más húmeda. Se procede a graficar los puntos los cuales generan una gráfica parabólica donde el punto más alto representa la compactación óptima a una humedad óptima.

El resultado del Proctor en el material ensayado fue una densidad seca máxima de  $1\ 882,35\ \text{Kg/m}^3$  equivalente a  $117,50\ \text{lb/pe}^3$ , con una humedad óptima del 13,50 %.

#### **2.2.4.4. CBR**

Este ensayo se basa en la presión que se ejerce a una muestra de suelo que es penetrada por medio de un cilindro de determinada área. La presión registrada es comparada con la presión patrón de una muestra de grava machacada. Esta comparación es un porcentaje entre una presión y la otra. A continuación se describe de manera breve el procedimiento para el ensayo.

Se prepara una muestra de tamaño igual o superior a 56 kgs. Esta muestra deberá secarse al aire o en un horno, a una temperatura menor que  $60\ ^\circ\text{C}$ , hasta que se vuelva desmenuzable. Además, se deberán disgregar los terrones evitando reducir el tamaño natural de las partículas.

La muestra se pasa por el tamiz de 20 mm (3/4") descartando el material retenido. Una vez obtenido el material, se selecciona una porción representativa de unos 35 kg para realizar el ensayo de compactación Proctor. El resto de la muestra, se divide en tres porciones de unos 7 kg cada una.

Una vez que se haya pesado el molde y verificado su volumen, se coloca el disco espaciador sobre la placa base, se fija el molde con el collarín sobre la placa y se coloca un disco de papel filtro sobre el disco espaciador. Dentro del molde se compacta mediante 5 capas cada una de las porciones de suelo húmedo, utilizando para cada porción una energía de compactación distinta, de manera que la densidad a la cual se desee determinar el CBR quede comprendida entre las densidades de dos probetas. Se compactarán con 56, 25 y 10 golpes respectivamente.

Al comienzo y al final de la compactación deberán tomarse 2 muestras representativas de suelo para calcular el contenido de humedad. En caso que las muestras no sean sumergidas, la humedad se determina concluída la penetración.

Finalizada la compactación, se retira el collarín y se enrasa el suelo al nivel del borde del molde, rellenando los huecos dejados por la eliminación del material grueso con material de menor tamaño. Se retiran la placa base perforada, el disco espaciador y se pesa el molde con el suelo compactado.

Sobre la placa base perforada, se coloca un disco de papel filtro grueso y se ajusta el molde con el suelo compactado en forma invertida, de manera que el espacio formado por el disco espaciador quede en la parte superior. En la superficie libre de la muestra, se coloca un disco de papel filtro grueso y sobre este se coloca la placa metálica perforada provista de un vástago regulable.

Sobre esta placa se colocarán las sobrecargas. Se usará una sobrecarga equivalente al peso de un pavimento de hormigón de 5 pulgadas de espesor. A continuación se coloca todo el conjunto cuidadosamente dentro del estanque con agua. Se monta el trípode y se instala el comparador de dial de tal modo que su punta palpable quede tocando el vástago.

Se registra la lectura inicial del comparador de dial. Para un ensayo con saturación normal se deja el molde sumergido durante 96 horas. Durante todo el tiempo de inmersión el nivel de agua se debe mantener constante. Registrada la lectura final del comparador de dial, se retira el trípode y se saca el molde del agua, para dejarlo drenar durante 15 minutos. Finalmente se retiran las sobrecargas, los discos de papel filtro y las placas perforadas para determinar el peso del molde más el suelo compactado y saturado.

Se lleva la probeta a la máquina de ensayo y se coloca sobre ella, una cantidad tal de cargas para reproducir una sobrecarga igual a la que supuestamente ejercerá el material de base y pavimento del camino proyectado.

Se apoya el pistón de penetración con una carga lo más pequeña posible (no debe exceder de 45 Newton) y se colocan los diales de lectura de tensión y deformación en cero. Esta carga inicial, se necesita para asegurar un apoyo satisfactorio del pistón, pero debe considerarse como carga cero para la relación carga-penetración. La velocidad de carga aplicada al pistón de penetración será de 1,25 mm/min. Finalmente, se retira el total de la muestra de suelo del molde y se determina el contenido de humedad.

Para el material ensayado el porcentaje de CBR del suelo con una humedad de 13,50 % y una compactación del 99,7 % fue de 77,26 %.



#### 2.2.4.5. Análisis de resultados

En la tabla se muestra un resumen con su respectivo análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos.

Tabla IX. Resumen de resultados de ensayos de suelo

Granulometría		Límites de Atterberg	Ensayo de compactación (proctor modificado)		Ensayo de Razón Soporte California	
% Grava	29,57		No presentó límite líquido ni límite plástico	Humedad óptima (%)	13,50	Compactación (%)
% Arena	50,20	Densidad seca máxima (Lb/pie3)		117,50		
% Finos	20,24	C.B.R. (%)		77,26		

Fuente: elaboración propia

El material se clasifica como una arena con grava limosa color café. Se puede observar que la mayor cantidad de partículas es de arena, seguido de grava y por último los finos. Esta granulometría ayuda a que el material no retenga mucha agua y por ende no presente límites de Atterberg.

Un CBR de 77,26 % es considerado bueno para una subrasante. Por lo que el material sí cumple para trabajarlo como subrasante y no habrá necesidad de tratarlo o estabilizarlo para aumentar su resistencia.

#### 2.2.5. Diseño geométrico

Consiste en ubicar el trazo de la carretera dentro del terreno disponible para la construcción de la misma. Está constituido por un alineamiento horizontal y un alineamiento vertical.

El diseño geométrico depende de la velocidad de diseño, esto mayormente para el trazo de curvas tanto horizontales como verticales. También depende de la pendiente máxima de diseño para el trazo de las tangentes verticales.

La herramienta utilizada para la realización de todo el diseño geométrico fue el software AutoCAD Civil 3D 2014. Los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico fueron trasladados a dicho software.

### **2.2.5.1. Alineamiento horizontal**

Es la proyección de la carretera vista en planta, la cual está conformada por tangentes, curvas circulares y curvas de transición (espirales o clotoides).

#### **2.2.5.1.1. Diseño de localización**

El diseño de localización dependerá de la pendiente gobernadora de diseño, la cual se utiliza en un mapa con curvas de nivel para trazar tangentes y de esta manera obtener un diseño de localización.

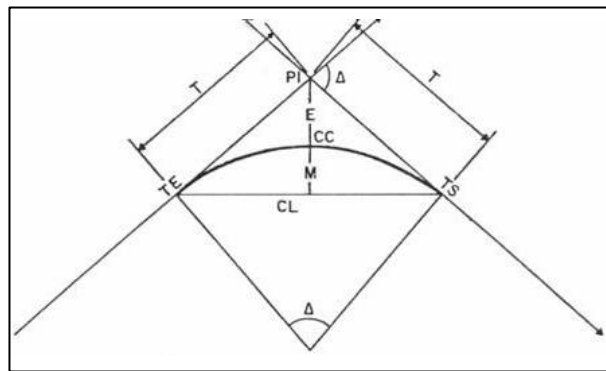
Para este tramo carretero no fue necesario hacer un diseño de localización, debido a que el tramo ya estaba trazado, por lo que la localización de la carretera será sobre la terracería existente. Solo se buscó la manera de trazar de una mejor forma las tangentes y las curvas.

### 2.2.5.1.2. Tangentes y curvas horizontales

Las tangentes son las líneas rectas (no hay cambio de rumbo) dentro de una carretera y las curvas son el fenómeno de cambio de dirección entre dos tangentes.

A continuación se muestra una imagen que representa una tangente de entrada "TE" y una tangente de salida "TS" y la representación de una curva horizontal por medio de un arco comprendido en un ángulo (cambio de dirección) " $\Delta$ ".

Figura 24. **Curva circular**



Fuente: *Curvas horizontales*.

[http://www.oocities.org/topografiaycarreteras/CAPITULO4\\_archivos/image004.jpg](http://www.oocities.org/topografiaycarreteras/CAPITULO4_archivos/image004.jpg). Consulta: agosto de 2015

Cabe mencionar que las curvas horizontales tienen cierto grado de curvatura. El grado de curvatura define qué tan cerrada o abierta es una curva. Geométricamente el grado de curvatura es el ángulo que subtiende un arco de 20 metros para un radio dado. La fórmula es la siguiente:

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

A continuación se detallan las fórmulas geométricas para encontrar cada elemento de una curva horizontal.

- Longitud de curva

$$LC = \frac{20 \Delta}{G}$$

- Subtangente

$$St = R * \tan(\Delta/2)$$

- Cuerda máxima

$$Cm = 2 * R * \sin(\Delta/2)$$

- External

$$E = \frac{R}{\cos(\Delta/2)} - R$$

- Ordenada media

$$M = R - R * \cos(\Delta/2)$$

También existen elementos como el PC, que es el principio de la curva (punto donde termina la tangente de entrada e inicia la cuerda); el PI, que es el punto de intersección de las dos tangentes; y el PT que es el final de la curva (punto donde termina la cuerda e inicia la tangente de salida).

El trazo de las tangentes y curvas horizontales se realizó en Civil 3D. Se intentó ajustar de la mejor manera posible al tramo existente de terracería, buscando siempre que las curvas cumplieran con radios mínimos. Se dieron los casos en los cuales las curvas no cumplían con radios mínimos, pero se hará la salvedad ya que los terrenos adyacentes tienen propietario y las personas no están interesadas en vender su terreno.

- Ejemplo de la curva número 19

Se tiene una tangente de entrada con rumbo S 21° 45' 14,27" E, una tangente de salida con rumbo N 86° 37' 26,01" E, esto da un cambio de rumbo (o delta "Δ") de 71° 37' 20". El radio de la curva es de 30 m. A continuación se calculan los elementos de la curva:

- Grado de curvatura

$$G = \frac{1\,145,9156}{R} = \frac{1\,145,9156}{30} = 38,197$$

- Longitud de curva

$$LC = \frac{20 \Delta}{G} = \frac{20 * 71^{\circ} 37' 20''}{38,197} = 37,501 \text{ m}$$

- Subtangente

$$St = R * \tan(\Delta/2) = 30 * \tan\left(71^\circ 37' 20''/2\right) = 21,645 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$Cm = 2 * R * \sin(\Delta/2) = 2 * 30 * \sin\left(71^\circ 37' 20''/2\right) = 35,107 \text{ m}$$

- External

$$E = \frac{R}{\cos(\Delta/2)} - R = \frac{30}{\cos\left(71^\circ 37' 20''/2\right)} - 30 = 6,994 \text{ m}$$

- Ordenada media

$$M = R - R * \cos(\Delta/2) = 30 - 30 * \cos\left(71^\circ 37' 20''/2\right) = 5,671 \text{ m}$$

### 2.2.5.1.3. Curvas de transición; peraltes y sobre anchos

La curva de transición o curva espiral es una curva que varía su radio según se avanza, esto permite una transición gradual de curvatura entre la

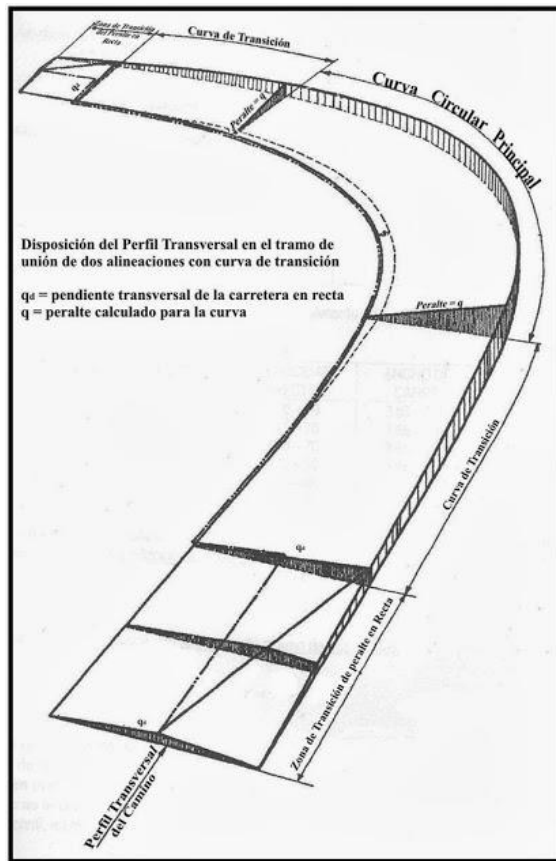
tangente y la curva circular. También permite cambiar tanto el peralte como el sobreebanco de forma proporcional hasta encontrar dentro de la curva circular el peralte y sobreebanco máximo.

El peralte en una curva es el cambio gradual del bombeo que ayuda a los vehículos a girar de una mejor manera, ya que por la inclinación que toma la carretera se ejerce una fuerza normal a la superficie de rodadura que contraresta la aceleración centrífuga del vehículo.

El sobre ancho en una curva es el aumento gradual del ancho de la sección típica, usualmente en la parte interna de la curva, que ayuda en su mayoría a los vehículos largos a que los ejes traseros de las llantas se mantengan en la carpeta de rodadura debido al radio de giro del vehículo.

A continuación se muestra una imagen la cual detalla las secciones transversales de la carretera dentro de una curva, dando a conocer el cambio de peralte que sufre la sección típica, así como también el sobre ancho que se le da para un mejor giro que favorece a los vehículos largos.

Figura 25. **Peralte y sobreancho en curvas de transición**



Fuente: *Diseño de curvas horizontales*. <http://4.bp.blogspot.com/-0tWuzc60Vf8/UI2rD3eL65I/AAAAAAAAAABY/mBiNroE6WIY/s640/esq3.jpg>.

Consulta: agosto de 2015.

Los valores de longitud de espiral, peralte y sobre ancho para una curva están en función de su velocidad de diseño y del grado de curvatura. Estos valores se encuentran en las tablas diseño de la Dirección General de Caminos (ver anexo 4).

Para el cálculo del sobre ancho y peralte dentro de la curva de transición se hace una relación de triángulos, ya que el cambio es directamente



proporcional al avance dentro de la espiral. Los valores máximos se mantienen dentro de la curva circular. Las fórmulas para determinar el valor del sobre ancho y peralte son las siguientes:

$$e_s = \frac{x * e\%}{L_s} \qquad Sa_s = \frac{x * Sa\%}{L_s}$$

donde  $e_x$  y  $Sa_x$  es el peralte y sobre ancho respectivamente,  $x$  es la distancia de la estación que se está analizando al principio de la espiral de curva, y  $L_s$  es el total de la longitud de la espiral.

Se debe tener claro que el PC (principio de curva) y el PT (principio de tangente) se ubican exactamente a la mitad de la longitud de espiral, por lo que los valores de peralte y sobre ancho en esos puntos debe de ser la mitad del valor máximo que recomienda la tabla de diseño de la Dirección General de Caminos.

Civil 3D tiene una herramienta que permite trabajar las curvas de transición con sus respectivos peraltes y sobreanchos. Los peraltes y sobreanchos se ajustaron según los valores de diseño de la Dirección General de Caminos (ver anexo 4), y en el caso que no existiese el valor dentro de las tablas de la Dirección General de Caminos se realizó una interpolación de datos.

- Ejemplo de la curva horizontal número 19

Con base en la velocidad de diseño (30 km/h) y el grado de curvatura ( $G=38,197$ ), se tiene una longitud de espiral de 30 metros, un valor de peralte máximo de 9,8 % y un sobre ancho máximo de 2,4 m. El PC está ubicado en la estación 2+171,42 y el PT en la estación 2+208,92.

- Ubicación de ELS<sub>1</sub>, TLS<sub>1</sub>, TLS<sub>2</sub> y ELS<sub>2</sub>.

$$ELS_1 = 2\,171,42 - \frac{30}{2} = 2\,156,42 \quad ; \quad TLS_1 = 2\,171,42 + \frac{30}{2} = 2\,186,42$$

$$TLS_2 = 2\,208,92 - \frac{30}{2} = 2\,193,92 \quad ; \quad ELS_2 = 2\,208,92 + \frac{30}{2} = 2\,223,92$$

- Determinación de sobre ancho y peralte en la estación 2+160,00

$$e_{2+160} = \frac{(2\,160 - 2\,156,42) * 9,8}{30} = 1,169$$

$$Sa_{2+160} = \frac{(2\,160 - 2\,156,42) * 2,4}{30} = 0,286$$

- Datos predeterminados

$$ELS_1 \rightarrow e\% = 0, Sa = 0 ; PC \rightarrow e\% = \frac{9,8}{2}, Sa = \frac{2,4}{2} ; TLS_1 \rightarrow e\% = 9,8, Sa = 2,4$$

$$ELS_1 \rightarrow e\% = 0, Sa = 0 ; PC \rightarrow e\% = \frac{9,8}{2}, Sa = \frac{2,4}{2} ; TLS_1 \rightarrow e\% = 9,8, Sa = 2,4$$

#### 2.2.5.1.4. Resumen de todas las curvas horizontales

A continuación se detallan todas las curvas horizontales de la carretera con sus respectivos datos de curva.

Tabla X. Datos de curvas horizontales

CURVA NÚMERO 1

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	N 86° 33' 04,90" E
SALIDA	S 66° 22' 01,11" E

DELTA	27° 4' 55"
RADIO	50

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	22,918
LC	23,633
St	12,042
Cm	23,414
E	1,430
M	1,390

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	7,5
Sa	1,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+183,21	V = 30 km/h G = 22,918	0,000	0,000
PC	0+193,21		3,750	0,800
	0+200,00		6,296	1,343
TLS1	0+203,21		7,500	1,600
TLS2	0+206,84		7,500	1,600
PT	0+216,84		3,750	0,800
	0+220,00		2,565	0,547
ELS2	0+226,84		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 2

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 66° 22' 01,11" E
SALIDA	S 12° 33' 52,44" W

DELTA	78° 55' 53"
RADIO	20

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	57,296
LC	27,552
St	16,467
Cm	25,425
E	5,907
M	4,560

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	10,1
Sa	2,7

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+323,34	V = 30 km/h G = 57,296	0,000	0,000
PC	0+333,34		5,050	1,350
	0+340,00		8,413	2,249
TLS1	0+343,34		10,100	2,700
TLS2	0+350,89		10,100	2,700
	0+360,00		5,499	1,470
PT	0+360,89		5,050	1,350
ELS2	0+370,89		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 3

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 12° 33' 52,44" W
SALIDA	S 66° 40' 44,84" E

DELTA	79° 14' 36"
RADIO	15

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	76,394
LC	20,746
St	12,419
Cm	19,131
E	4,474
M	3,446

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	9,9
Sa	2,85

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+390,51	V = 30 km/h G = 76,394	0,000	0,000
	0+400,00		4,698	1,352
PC	0+400,51		4,950	1,425
TLS1	0+410,51		9,900	2,850
TLS2	0+411,25		9,900	2,850
	0+420,00		5,569	1,603
PT	0+421,25		4,950	1,425
ELS2	0+431,25		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 4

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 66° 40' 44,84" E
SALIDA	S 46° 58' 27,15" E

DELTA	19° 42' 17"
RADIO	50

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	22,918
LC	17,196
St	8,684
Cm	17,111
E	0,748
M	0,737

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	15
e %	7,5
Sa	1,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+455,87	V = 30 km/h G = 22,918	0,000	0,000
	0+460,00		2,065	0,441
PC	0+463,37		3,750	0,800
TLS1	0+470,87		7,500	1,600
TLS2	0+473,07		7,500	1,600
	0+480,00		4,035	0,861
PT	0+480,57		3,750	0,800
ELS2	0+488,07		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 5

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 46° 58' 27,15" E
SALIDA	S 39° 48' 18,16" E

DELTA	7° 10' 9"
RADIO	200

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	5,730
LC	25,025
St	12,529
Cm	25,009
E	0,392
M	0,391

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	1,9
Sa	0,73

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+545,50	V = 30 km/h G = 5,730	0,000	0,000
PC	0+555,50		0,950	0,365
	0+560,00		1,378	0,529
TLS1	0+565,50		1,900	0,730
TLS2	0+570,52		1,900	0,730
	0+580,00		0,999	0,384
PT	0+580,52		0,950	0,365
ELS2	0+590,52		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 6

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 39° 48' 18,16" E
SALIDA	S 64° 59' 57,64" E

DELTA	25° 11' 39"
RADIO	70

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	16,370
LC	30,780
St	15,643
Cm	30,533
E	1,727
M	1,685

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	15
e %	5,6
Sa	1,3

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+609,88	V = 30 km/h G = 16,370	0,000	0,000
PC	0+617,38		2,800	0,650
	0+620,00		3,778	0,877
TLS1	0+624,88		5,600	1,300
	0+640,00		5,600	1,300
TLS2	0+640,66		5,600	1,300
PT	0+648,16		2,800	0,650
ELS2	0+655,66		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

**CURVA NÚMERO 7**

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 64° 59' 57,64" E
SALIDA	S 57° 19' 48,07" E

DELTA	7° 40' 9"
RADIO	100

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	11,459
LC	13,385
St	6,703
Cm	13,375
E	0,224
M	0,224

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	5
e %	4
Sa	1,05

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+698,58	V = 30 km/h G = 11,459	0,000	0,000
	0+700,00		1,136	0,298
PC	0+701,08		2,000	0,525
TLS1	0+703,58		4,000	1,050
	0+710,00		4,000	1,050
TLS2	0+711,96		4,000	1,050
PT	0+714,46		2,000	0,525
ELS2	0+716,96		0,000	0,000

**CURVA NÚMERO 8**

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 57° 19' 48,07" E
SALIDA	S 44° 59' 33,24" E

DELTA	12° 20' 15"
RADIO	180

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	6,366
LC	38,759
St	19,455
Cm	38,685
E	1,048
M	1,042

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	2,2
Sa	0,8

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+736,08	V = 30 km/h G = 6,366	0,000	0,000
	0+740,00		0,431	0,157
PC	0+746,08		1,100	0,400
TLS1	0+756,08		2,200	0,800
	0+760,00		2,200	0,800
TLS2	0+774,84		2,200	0,800
	0+780,00		1,632	0,594
PT	0+784,84		1,100	0,400
ELS2	0+794,84		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 9

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 44° 59' 33,24" E
SALIDA	S 28° 38' 26,68" E

DELTA	16° 21' 7"
RADIO	200

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	5,730
LC	57,079
St	28,735
Cm	56,886
E	2,054
M	2,033

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	1,9
Sa	0,73

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+828,96	V = 30 km/h G = 5,730	0,000	0,000
PC	0+838,96		0,950	0,365
	0+840,00		1,049	0,403
TLS1	0+848,96		1,900	0,730
	0+860,00		1,900	0,730
TLS2	0+880,00		1,900	0,730
	0+886,04		1,900	0,730
PT	0+896,04		0,950	0,365
	0+900,00		0,574	0,220
ELS2	0+906,04		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 10

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 28° 38' 26,68" E
SALIDA	S 25° 03' 53,18" E

DELTA	3° 34' 33"
RADIO	300

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	3,820
LC	18,723
St	9,365
Cm	18,720
E	0,146
M	0,146

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	10
e %	1,3
Sa	0,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	0+957,89	V = 30 km/h G = 3,82	0,000	0,000
	0+960,00		0,274	0,127
PC	0+962,89		0,650	0,300
TLS1	0+967,89		1,300	0,600
TLS2	0+976,62		1,300	0,600
	0+980,00		0,861	0,397
PT	0+981,62		0,650	0,300
ELS2	0+986,62		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 11

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 25° 03' 53,18" E
SALIDA	S 39° 36' 58,04" E

DELTA	14° 33' 5"
RADIO	300

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	3,820
LC	76,191
St	38,302
Cm	75,986
E	2,435
M	2,416

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	1,3
Sa	0,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	1+155,46	V = 30 km/h G = 3,82	0,000	0,000
	1+160,00		0,295	0,136
PC	1+165,46		0,650	0,300
TLS1	1+175,46		1,300	0,600
	1+180,00		1,300	0,600
	1+200,00		1,300	0,600
TLS2	1+220,00		1,300	0,600
	1+231,65		1,300	0,600
PT	1+240,00		0,757	0,350
	1+241,65		0,650	0,300
ELS2	1+251,65		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 12

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 39° 36' 58,04" E
SALIDA	N 86° 46' 4,49" E

DELTA	53° 36' 58"
RADIO	50

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	22,918
LC	46,789
St	25,266
Cm	45,100
E	6,021
M	5,374

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	7,5
Sa	1,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	1+252,05	V = 30 km/h G = 22,918	0,000	0,000
	1+260,00		2,981	0,636
PC	1+262,05		3,750	0,800
TLS1	1+272,05		7,500	1,600
	1+280,00		7,500	1,600
TLS2	1+298,84		7,500	1,600
	1+300,00		7,065	1,507
PT	1+308,84		3,750	0,800
ELS2	1+318,84		0,000	0,000



Continuación de la tabla X.

**CURVA NÚMERO 13**

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	N 86° 46' 4,49" E
SALIDA	S 68° 00' 38" E

DELTA	25° 13' 18"
RADIO	150

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	7,639
LC	66,030
St	33,559
Cm	65,498
E	3,708
M	3,619

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	44
e %	2,6
Sa	0,85

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	1+658,75	V = 30 km/h G = 7,639	0,000	0,000
	1+660,00		0,074	0,024
	1+680,00		1,256	0,411
PC	1+680,75		1,300	0,425
	1+700,00		2,438	0,797
TLS1	1+702,75		2,600	0,850
	1+720,00		2,600	0,850
TLS2	1+724,78		2,600	0,850
	1+740,00		1,701	0,556
PT	1+746,78		1,300	0,425
	1+760,00		0,519	0,170
ELS2	1+768,78		0,000	0,000

**CURVA NÚMERO 14**

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 68° 00' 38" E
SALIDA	S 71° 54' 48,8" W

DELTA	139° 55' 26"
RADIO	8

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	143,239
LC	19,537
St	21,934
Cm	15,031
E	15,348
M	5,259

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	18
e %	10,5
Sa	2,85

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	1+909,63	V = 30 km/h G = 143,239	0,000	0,000
PC	1+918,63		5,250	1,425
	1+920,00		6,049	1,642
TLS1	1+927,63		10,500	2,850
TLS2	1+929,16		10,500	2,850
PT	1+938,16		5,250	1,425
	1+940,00		4,177	1,134
ELS2	1+947,16		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 15

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 71° 54' 48,8" W
SALIDA	S 32° 46' 29,37" W

DELTA	39° 8' 19"
RADIO	20

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	57,296
LC	13,662
St	7,110
Cm	13,398
E	1,226
M	1,155

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	10
e %	10,1
Sa	2,7

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	1+965,34	V = 30 km/h G = 57,296	0,000	0,000
PC	1+970,34		5,050	1,350
TLS1	1+975,34		10,100	2,700
TLS2	1+979,00		10,100	2,700
	1+980,00		9,090	2,430
PT	1+984,00		5,050	1,350
ELS2	1+989,00		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 16

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 32° 46' 29,37" W
SALIDA	S 56° 15' 5,88" W

DELTA	23° 28' 36"
RADIO	50

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	22,918
LC	20,487
St	10,389
Cm	20,344
E	1,068
M	1,046

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	20
e %	7,5
Sa	1,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	1+996,32	V = 30 km/h G = 22,918	0,000	0,000
	2+000,00		1,380	0,294
PC	2+006,32		3,750	0,800
TLS1	2+016,32		7,500	1,600
TLS2	2+016,80		7,500	1,600
	2+020,00		6,300	1,344
PT	2+026,80		3,750	0,800
ELS2	2+036,80		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 17

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 56° 15' 5,88" W
SALIDA	S 63° 20' 24,86" E

DELTA	119° 35' 29"
RADIO	6

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	190,986
LC	12,524
St	10,307
Cm	10,371
E	5,926
M	2,981

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	10
e %	10,5
Sa	3,05

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+052,03	V = 30 km/h G = 190,986	0,000	0,000
PC	2+057,03		5,250	1,525
	2+060,00		8,368	2,431
TLS1	2+062,03		10,500	3,050
TLS2	2+064,56		10,500	3,050
PT	2+069,56		5,250	1,525
ELS2	2+074,56		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 18

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 63° 20' 24,86" E
SALIDA	S 21° 45' 14,27" E

DELTA	41° 35' 10"
RADIO	30

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	38,197
LC	21,774
St	11,392
Cm	21,300
E	2,090
M	1,954

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	15
e %	9,8
Sa	2,4

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+091,20	V = 30 km/h G = 38,197	0,000	0,000
PC	2+098,70		4,900	1,200
	2+100,00		5,749	1,408
TLS1	2+106,24		9,800	2,400
TLS2	2+113,01		9,800	2,400
	2+120,00		5,233	1,282
PT	2+120,51		4,900	1,200
ELS2	2+128,01		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 19

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 21° 45' 14,27" E
SALIDA	N 86° 37' 26,01" E

DELTA	71° 37' 20"
RADIO	30

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	38,197
LC	37,501
St	21,646
Cm	35,107
E	6,994
M	5,671

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	30
e %	9,8
Sa	2,4

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+156,42	V = 30 km/h G = 38,197	0,000	0,000
	2+160,00		1,169	0,286
PC	2+171,42		4,900	1,200
	2+180,00		7,703	1,886
TLS1	2+186,42		9,800	2,400
TLS2	2+193,92		9,800	2,400
	2+200,00		7,814	1,914
PT	2+208,92		4,900	1,200
	2+220,00		1,281	0,314
ELS2	2+223,92		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 20

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	N 86° 37' 26,01" E
SALIDA	S 74° 39' 52,28" E

DELTA	18° 42' 42"
RADIO	225

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	5,093
LC	73,481
St	37,070
Cm	73,154
E	3,033
M	2,993

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	15
e %	1,7
Sa	0,7

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+248,51	V = 30 km/h G = 5,093	0,000	0,000
PC	2+256,01		0,850	0,350
	2+260,00		1,302	0,536
TLS1	2+263,51		1,700	0,700
	2+280,00		1,700	0,700
TLS2	2+300,00		1,700	0,700
	2+320,00		1,700	0,700
TLS2	2+321,99		1,700	0,700
PT	2+329,49		0,850	0,350
ELS2	2+336,99		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

**CURVA NÚMERO 21**

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 74° 39' 52,28" E
SALIDA	S 21° 37' 43,91" W

DELTA	96° 17' 35"
RADIO	18

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	63,662
LC	30,251
St	20,094
Cm	26,815
E	8,977
M	5,990

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	10
e %	10,15
Sa	2,75

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+338,80	V = 30 km/h G = 63,662	0,000	0,000
	2+340,00		1,218	0,330
PC	2+343,80		5,075	1,375
TLS1	2+348,80		10,150	2,750
	2+360,00		10,150	2,750
TLS2	2+369,06		10,150	2,750
PT	2+374,06		5,075	1,375
ELS2	2+379,06		0,000	0,000

**CURVA NÚMERO 22**

TANGENTE	RUMBO
ENTRADA	S 21° 37' 43,91" W
SALIDA	S 38° 39' 34,1" W

DELTA	17° 1' 51"
RADIO	220

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	5,209
LC	65,394
St	32,940
Cm	65,153
E	2,452
M	2,425

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	25
e %	1,8
Sa	0,72

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+385,28	V = 30 km/h G = 5,209	0,000	0,000
PC	2+397,78		0,900	0,360
	2+400,00		1,060	0,424
TLS1	2+410,28		1,800	0,720
	2+420,00		1,800	0,720
	2+440,00		1,800	0,720
TLS2	2+450,67		1,800	0,720
	2+460,00		1,128	0,451
PT	2+463,17		0,900	0,360
ELS2	2+475,67		0,000	0,000

Continuación de la tabla X.

CURVA NÚMERO 23

TANGENTE	RUMBO		
ENTRADA	S	38° 39' 34,1"	W
SALIDA	S	8° 47' 44,34"	E

DELTA	47° 27' 18"
RADIO	50

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	22,918
LC	41,412
St	21,977
Cm	40,239
E	4,617
M	4,227

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	2
e %	7,5
Sa	1,6

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+513,37	V = 30 km/h G = 22,918	0,000	0,000
PC	2+514,37		3,750	0,800
TLS1	2+515,37		7,500	1,600
	2+520,00		7,500	1,600
	2+540,00		7,500	1,600
TLS2	2+554,78		7,500	1,600
PT	2+555,78		3,750	0,800
ELS2	2+556,78		0,000	0,000

CURVA NÚMERO 24

TANGENTE	RUMBO		
ENTRADA	S	8° 47' 44,34"	E
SALIDA	S	79° 56' 59,9"	E

DELTA	88° 44' 43"
RADIO	25

CURVA CIRCULAR	
ELEMENTO	VALOR
G	45,837
LC	38,722
St	24,458
Cm	34,966
E	9,974
M	7,130

CURVA ESPIRAL	
ELEMENTO	VALOR
Ls	3
e %	9,9
Sa	2,5

	EST.	LÍNEA	e %	Sa
ELS1	2+557,45	V = 30 km/h G = 45,837	0,000	0,000
PC	2+558,95		4,950	1,250
	2+560,00		8,415	2,125
TLS1	2+560,45		9,900	2,500
	2+580,00		9,900	2,500
TLS2	2+588,50		9,900	2,500
PT	2+590,00		4,950	1,250
ELS2	2+591,50		0,000	0,000

Fuente: elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta que las curvas se intentaron acoplar al camino existente de terracería, el cual no se diseñó adecuadamente, por lo que al ajustar las nuevas curvas estas tendrán parámetros de diseño que no cumplen debido a la restricción del terreno para la construcción del pavimento.

#### **2.2.5.2. Alineamiento vertical**

Es la proyección de la carretera vista en perfil, la cual está conformada por tangentes y curvas parabólicas.

##### **2.2.5.2.1. Subrasante y pendientes**

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento. La subrasante será la encargada de recibir los esfuerzos que le transmitirá el pavimento a través de la subbase, y esta los transmite al terreno natural. En resumen, es la fundación sobre la cual la estructura del pavimento será construido.

Las propiedades requeridas de la subrasante incluyen la resistencia, el drenaje, la fácil compactación, la conservación de la compactación y la estabilidad volumétrica. Las respuestas estructurales del pavimento son influidas significativamente por la subrasante. Un gran porcentaje de las deflexiones en la superficie de un pavimento se puede atribuir a la subrasante. Para determinar la calidad de la subrasante se deben realizar estudios de suelo, los cuales fueron realizados y se describen en el inciso 2.2.4.

Como existen cambios de niveles en determinada distancia recorrida se pueden obtener pendientes; la pendiente máxima de diseño según la Dirección

General de Caminos para este tramo debe de ser de 12 %, pero esto se incumple en un tramo con una pendiente de 15,20 % debido a las condiciones del terreno que no podría haber más corte o relleno para poder estar dentro de los parámetros de diseño.

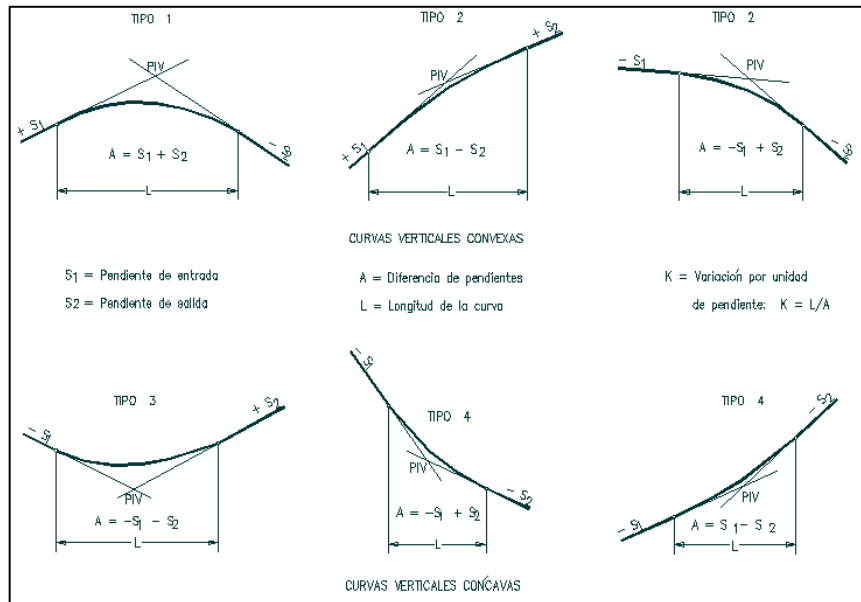
#### **2.2.5.2.2. Curvas verticales**

Las curvas verticales ocurren cuando existe un cambio de pendiente en dos tangentes verticales. En este caso no se trabaja con curvas circulares sino con curvas parabólicas, esto debido a que hay que seguir ciertos parámetros de diseño, los cuales son: por seguridad, por apariencia, por comodidad y por drenaje. Estos parámetros definen la longitud de curva vertical.

Las curvas verticales se pueden clasificar como cóncavas o convexas según el cambio de pendiente entre las dos tangentes verticales. La figura 26 muestra los tipos de curvas verticales.



Figura 26. Tipos de curvas verticales



Fuente: *Curvas en carreteras*. <http://html.rincondelvago.com/0006536387.png>.

Consulta: agosto de 2015.

Un elemento muy importante dentro de las curvas verticales es el parámetro  $A$ , que no es más que el valor absoluto de la diferencia entre la pendiente de salida y la pendiente de entrada de la curva vertical.

$$A = |P_s - P_e|$$

También se debe de hacer el cálculo de la corrección de la subrasante, el cual está en función de la longitud de curva que se describe posteriormente cómo determinar. Las correcciones de la subrasante se determinan con la siguiente ecuación:

$$y = \frac{A * l^2}{200 * LCV}$$

donde  $y$  es el valor a corregir de la subrasante,  $A$  es el cambio de pendientes,  $l$  es la longitud que existe desde la estación que se está analizando al PCV o PTV según sea el caso, y  $LCV$  es la longitud de curva vertical.

A continuación se describen detalladamente los cuatro parámetros de diseño para definir la longitud de una curva vertical ( $LCV$ ):

- Seguridad

$$LCV = k * A$$

donde  $k$  es un valor que se determina en función del tipo de curva vertical y la velocidad de diseño. El valor  $k$  se toma de la tabla VI:

Tabla XI. **Valor  $k$  de diseño de curvas verticales**

Velocidad (km/hr)	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: elaboración propia.

- Apariencia

$$\frac{LCV}{A} \geq 30$$

- Comodidad

$$\frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

donde V es la velocidad de diseño expresada en km/hr.

- Drenaje

$$\frac{LCV}{A} \geq 43$$

Las curvas verticales se trazaron con Civil 3D, buscando que fueran lo más prolongadas posibles y que se ajustaran de la mejor manera al terreno existente, ya que no se podían hacer muchos cambios en el nivel de la rasante.

- Ejemplo de la curva vertical número 7.

Es una curva cóncava con velocidad de diseño de 30 km/hr, y se propuso una longitud de curva vertical (LCV) de 185,42 metros y un PIV en la estación 0+949,03 con elevación de 66,43 metros. Se tiene una pendiente de entrada de 0,83 % y una pendiente de salida de 5,08 %, por lo cual el valor A es el siguiente:

$$A = |5,08 - 0,83| = 4,25$$

Se procede a calcular la longitud de curva vertical según los cuatro criterios:

- Seguridad (se toma un valor  $k = 4$ , por ser una curva cóncava y tener una velocidad de diseño de 30 km/hr)

$$LCV = 4 * 4,25 = 17 \text{ m (sí cumple)}$$

- Apariencia

$$LCV \geq 30 * 4,25 = 127,5 \text{ m (sí cumple)}$$

- Comodidad

$$LCV \geq \frac{30^2}{395} * 4,25 = 9,68 \text{ m (sí cumple)}$$

- Drenaje

$$LCV \geq 43 * 4,25 \text{ m (sí cumple)}$$

Para el cálculo de las estaciones del PCV y PTV se suma o se resta  $LCV/2$  a la estación del PIV.

$$PCV = 949,03 - \frac{185,42}{2} = 856,32$$

$$PTV = 949,03 + \frac{185,42}{2} = 1\ 041,74$$

Para lo que resta del ejemplo se tomará como referencia la estación 0+920,00.

Para la determinación de la elevación de la subrasante se utiliza la ecuación de una línea recta (punto-pendiente).

$$Elev_{0+920,00} = 66,43 - 0,83 * (949,03 - 920,00) = 66,199 \text{ m}$$

Ahora se procede a determinar la corrección de la subrasante:

$$Y_{0+920,00} = \frac{4,25 * (920,00 - 856,32)^2}{200 * 185,42} = 0,465 \text{ m}$$

Y por último se corrige la subrasante mediante la suma o resta de la corrección, según sea el caso (convexa o cóncava):

$$Elev. \text{ Corregida}_{0+920,00} = 66,199 + 0,465 = 66,663 \text{ m}$$

### **2.2.5.2.3. Resumen de todas las curvas verticales**

A continuación se detallan todas las curvas horizontales de la carretera con sus respectivos datos de curva.

Tabla XII. Datos de curvas verticales

CURVA VERTICAL NÚMERO 1

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	120

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	2,00 %
SALIDA	3,14 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	1,14

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	4,56	SI
APARIENCIA	34,20	SI
COMODIDAD	2,60	SI
DRENAJE	49,02	SI

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+053,56	2,00 %	101,300	0,000	101,300
	0+060,00		101,429	0,002	101,431
	0+080,00		101,829	0,033	101,862
0+100,00	102,229		0,102	102,331	
PIV	0+113,56	-----	102,490	0,171	102,661
	0+120,00	3,14 %	102,698	0,136	102,834
	0+140,00		103,326	0,053	103,380
0+160,00	103,954		0,009	103,963	
PTV	0+173,56		104,380	0,000	104,380

CURVA VERTICAL NÚMERO 2

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CONVEXA
LCV	100

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	3,14 %
SALIDA	-9,27 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	12,41

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	24,82	SI
APARIENCIA	372,30	NO
COMODIDAD	28,28	SI
DRENAJE	533,63	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+223,31	3,14 %	105,940	0,000	105,940
	0+240,00		106,464	0,173	106,291
	0+260,00		107,092	0,835	106,257
PIV	0+273,31	-----	107,510	1,551	105,959
	0+280,00	-9,27 %	106,885	1,164	105,721
	0+300,00		105,031	0,337	104,694
	0+320,00		103,177	0,007	103,170
PTV	0+323,31			102,870	0,000

Continuación de la tabla XII.

CURVA VERTICAL NÚMERO 3

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CONVEXA
LCV	49,91

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	-9,27 %
SALIDA	-15,2 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	5,93

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	11,86	SI
APARIENCIA	177,90	NO
COMODIDAD	13,51	SI
DRENAJE	254,99	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+385,66	-9,27 %	97,090	0,000	97,090
	0+400,00		95,761	0,122	95,639
PIV	0+410,61	-----	94,770	0,370	94,400
	0+420,00		93,347	0,144	93,203
PTV	0+435,57	-15,2 %	90,980	0,000	90,980

CURVA VERTICAL NÚMERO 4

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	67,52

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	-15,2 %
SALIDA	-1,89 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	13,31

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	53,24	SI
APARIENCIA	399,30	NO
COMODIDAD	30,33	SI
DRENAJE	572,33	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+560,56	-15,2 %	71,980	0,000	71,980
	0+580,00		69,025	0,372	69,398
PIV	0+594,32	-----	66,840	1,123	67,963
	0+600,00		66,741	0,777	67,518
PTV	0+620,00	-1,89 %	66,363	0,064	66,427
	0+628,08		66,210	0,000	66,210

Continuación de la tabla XII.

**CURVA VERTICAL NÚMERO 5**

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	61,26

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	-1,89 %
SALIDA	-0,02 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	1,87

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	7,48	SI
APARIENCIA	56,10	SI
COMODIDAD	4,26	SI
DRENAJE	80,41	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+662,76	-1,89 %	65,550	0,000	65,550
	0+680,00		65,224	0,045	65,270
PIV	0+693,39	-----	64,976	0,143	65,119
	0+700,00		64,975	0,088	65,063
PTV	0+720,00	-0,02 %	64,971	0,002	64,973
	0+724,02		64,970	0,000	64,970

**CURVA VERTICAL NÚMERO 6**

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	70,34

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	-0,02 %
SALIDA	0,83 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	0,85

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	3,40	SI
APARIENCIA	25,50	SI
COMODIDAD	1,94	SI
DRENAJE	36,55	SI

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+735,30	-0,02 %	64,970	0,000	64,970
	0+740,00		64,969	0,001	64,970
	0+760,00		64,965	0,037	65,002
PIV	0+770,47	-----	64,963	0,075	65,038
	0+780,00		65,037	0,040	65,077
	0+800,00		65,203	0,002	65,205
PTV	0+805,64		65,250	0,000	65,250



Continuación de la tabla XII.

CURVA VERTICAL NÚMERO 7

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	185,42

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	0,83 %
SALIDA	5,08 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	4,25

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	17,00	SI
APARIENCIA	127,50	SI
COMODIDAD	9,68	SI
DRENAJE	182,75	SI

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	0+856,32	0,83 %	65,670	0,000	65,670
	0+860,00		65,701	0,002	65,702
	0+880,00		65,867	0,064	65,931
	0+900,00		66,033	0,219	66,251
	0+920,00		66,199	0,465	66,663
PIV	0+940,00	5,08 %	66,365	0,803	67,167
	0+949,03		66,430	0,985	67,415
	0+960,00		66,998	0,766	67,763
PTV	0+980,00	5,08 %	68,014	0,437	68,450
	1+000,00		69,030	0,200	69,229
	1+041,74		71,150	0,000	71,150

CURVA VERTICAL NÚMERO 8

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	412,37

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	5,08 %
SALIDA	6,5 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	1,42

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	5,68	SI
APARIENCIA	42,60	SI
COMODIDAD	3,24	SI
DRENAJE	61,06	SI

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	1+315,09	5,08 %	85,050	0,000	85,050
	1+320,00		85,299	0,000	85,300
	1+340,00		86,315	0,011	86,326
	1+360,00		87,331	0,035	87,366
	1+380,00		88,347	0,073	88,420
	1+400,00		89,363	0,124	89,488
	1+420,00		90,379	0,189	90,569
	1+440,00		91,395	0,269	91,664
	1+460,00		92,411	0,362	92,773
	1+480,00		93,427	0,468	93,896
PIV	1+500,00	6,5 %	94,443	0,589	95,032
	1+520,00		95,459	0,723	96,182
	1+521,28		95,530	0,732	96,262
	1+540,00		96,754	0,605	97,360
	1+560,00		98,054	0,483	98,537
	1+580,00		99,354	0,374	99,729
	1+600,00		100,654	0,280	100,934
	1+620,00		101,954	0,199	102,153
	1+640,00		103,254	0,132	103,386
	1+660,00		104,554	0,078	104,633
	1+680,00		105,854	0,039	105,893
	1+700,00		107,154	0,013	107,167
	1+720,00		108,454	0,001	108,455
PTV	1+727,47		108,940	0,000	108,940

Continuación de la tabla XII.

**CURVA VERTICAL NÚMERO 9**

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	172,08

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	6,5 %
SALIDA	13,55 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	7,05

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	28,20	SI
APARIENCIA	211,50	NO
COMODIDAD	16,06	SI
DRENAJE	303,15	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	1+835,86	6,5 %	115,990	0,000	115,990
	1+840,00		116,259	0,004	116,263
	1+860,00		117,559	0,119	117,678
	1+880,00		118,859	0,399	119,258
	1+900,00		120,159	0,843	121,002
	1+920,00		121,459	1,450	122,909
PIV	1+921,90	-----	121,580	1,516	123,096
	1+940,00	13,55 %	124,034	0,946	124,980
	1+960,00		126,744	0,471	127,215
	1+980,00		129,454	0,160	129,614
2+000,00	132,164		0,013	132,177	
PTV	2+007,94		133,240	0,000	133,240

**CURVA VERTICAL NÚMERO 10**

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CONVEXA
LCV	76,78

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	13,55 %
SALIDA	11,01 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	2,54

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	5,08	SI
APARIENCIA	76,20	SI
COMODIDAD	5,79	SI
DRENAJE	109,22	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	2+206,39	13,55 %	160,120	0,000	160,120
	2+220,00		161,964	0,031	161,934
	2+240,00		164,674	0,187	164,487
PIV	2+244,78	-----	165,320	0,244	165,076
	2+260,00	11,01 %	166,999	0,089	166,910
	2+280,00		169,201	0,002	169,199
PTV	2+283,17			169,550	0,000

Continuación de la tabla XII.

CURVA VERTICAL NÚMERO 11

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CONVEXA
LCV	81,27

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	11,01 %
SALIDA	7,05 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	3,96

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	7,92	SI
APARIENCIA	118,80	NO
COMODIDAD	9,02	SI
DRENAJE	170,28	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	2+321,96	11,01 %	173,820	0,000	173,820
	2+340,00		175,806	0,079	175,727
	2+360,00		178,008	0,353	177,656
PIV	2+362,59	-----	178,300	0,402	177,898
	2+380,00	7,05 %	179,532	0,131	179,401
	2+400,00		180,942	0,003	180,940
2+403,23	181,170		0,000	181,170	

CURVA VERTICAL NÚMERO 12

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	79,66

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	7,05 %
SALIDA	13,94 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	6,89

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	27,56	SI
APARIENCIA	206,70	NO
COMODIDAD	15,70	SI
DRENAJE	296,27	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	2+414,29	7,05 %	181,950	0,000	181,950
	2+420,00		182,353	0,014	182,367
	2+440,00		183,763	0,286	184,048
PIV	2+454,12	-----	184,760	0,686	185,446
	2+460,00	13,94 %	185,577	0,498	186,076
	2+480,00		188,365	0,084	188,450
2+493,95	190,310		0,000	190,310	

Continuación de la tabla XII.

CURVA VERTICAL NÚMERO 13

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CÓNCAVA
LCV	26,98

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	13,94 %
SALIDA	3,01 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	10,93

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	43,72	NO
APARIENCIA	327,90	NO
COMODIDAD	24,90	SI
DRENAJE	469,99	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	2+528,65	13,94 %	195,150	0,000	195,150
	2+540,00		196,732	0,261	196,993
PIV	2+542,00	-----	197,030	0,361	197,391
PTV	2+555,63	3,01 %	197,440	0,000	197,440

CURVA VERTICAL NÚMERO 14

DATOS DE CURVA	
TIPO DE CURVA	CONVEXA
LCV	17,11

PENDIENTE	VALOR (%)
ENTRADA	3,01 %
SALIDA	11,25 %

DIF. DE PENDIENTES	
A	8,24

PARÁMETRO	LCV	CUMPLE
SEGURIDAD	32,96	NO
APARIENCIA	247,20	NO
COMODIDAD	18,77	NO
DRENAJE	354,32	NO

	EST.	LÍNEA	ELEV. SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
PCV	2+575,84	3,01 %	198,040	0,000	198,040
	2+580,00		198,165	0,042	198,124
PIV	2+584,39	-----	198,300	0,176	198,124
PTV	2+592,94	11,25 %	199,270	0,000	199,270

Fuente: elaboración propia.

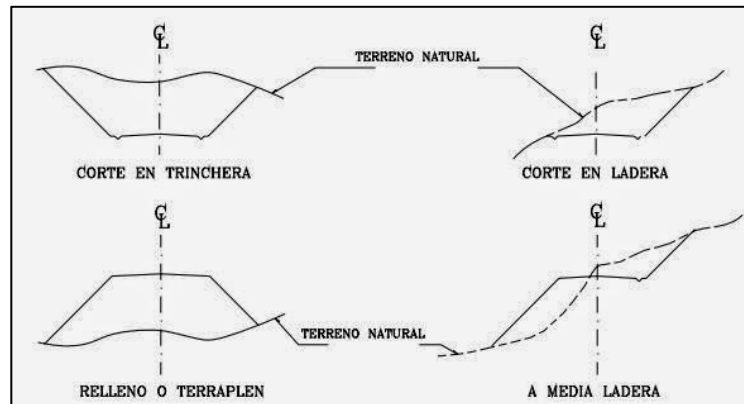
## **2.2.6. Movimiento de tierras**

En el movimiento de tierras se realizan distintas operaciones con los terrenos naturales a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras civiles. Las operaciones que se llevan a cabo son: corte, relleno, acarreo, descarga y extendido del material. En este inciso se le pondrá énfasis al corte y relleno.

### **2.2.6.1. Secciones transversales**

Las secciones transversales de una carretera son un plano de corte vertical, normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de elementos, tales como: la superficie de rodadura o calzada, bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios, y la relación de cada elemento con el terreno natural. En las tangentes deben de proyectarse secciones transversales como mínimo a cada 20 metros, mientras que en las curvas a un mínimo de 10 metros. Mientras más secciones transversales existan, más exacto será el trazo de la carretera. En la figura 27 se pueden apreciar las diferentes tipos de secciones transversales que existen.

Figura 27. **Secciones transversales según su relación al terreno natural**



Fuente: *Movimiento de tierra*. <https://edixonreye.files.wordpress.com/2013/11/topo.jpg>.

Consulta: noviembre de 2015.

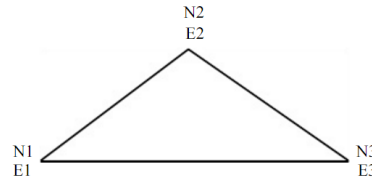
### 2.2.6.2. Cálculo de áreas

Existen áreas de corte o áreas de relleno en una sección transversal. Dichas áreas pueden ser calculadas por diferentes métodos. El método del planímetro es el método manual más común. También existen métodos analíticos, como lo es el matricial y el de doble distancia meridiana. El método matricial calcula el área de la sección transversal en función de las coordenadas rectangulares planas de sus vértices. Para este trabajo se utilizó una herramienta de cálculo de áreas que brinda AutoCAD Civil 3D.

- Método matricial

Primero se deben de obtener las coordenadas de los vértices del polígono a determinar su área (ver figura 28).

Figura 28. **Coordenadas de los vértices de un polígono**

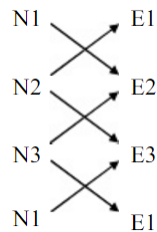


Fuente: *Cálculo de áreas*. <https://es.scribd.com/doc/237337149/16/>.

Consulta: noviembre de 2015.

Ahora se deben ordenar los valores como lo muestra la figura 29 y se realizan los productos con la diagonales de tal forma que los productos a la derecha y hacia abajo se toman con signo positivo (+), y los productos a la derecha y hacia arriba se toman con signos negativos (-).

Figura 29. **Ordenamiento de coordenadas**



Fuente: *Cálculo de áreas*. <https://es.scribd.com/doc/237337149/16/>.

Consulta: noviembre de 2015.

El área de la figura es la suma algebraica de ambos productos dividido entre 2.

$$A = \frac{(\Sigma +) + (\Sigma -)}{2}$$

### 2.2.6.3. Cálculo de volúmenes

Los volúmenes de corte o relleno se calculan por medio de dos secciones transversales consecutivas, a través de una relación de distancia y áreas. Para este trabajo se utilizó una herramienta de cálculo de volúmenes que brinda AutoCAD Civil 3D.

El método analítico más empleado es el del prismoide, ya que las secciones consecutivas forman un prisma. Esto se cumple si las rectas generatrices del prismoide son paralelas a un plano director, y si entre dos secciones transversales paralelas consecutivas no se experimenta un brusco cambio del terreno. Este método tendrá suficiente exactitud, siempre y cuando la diferencia entre las áreas de las secciones extremas no sea tan grande (lo cual generalmente sucede cuando se trabaja con secciones transversales separadas a distancias de 20 metros), por lo que, cuando se presentan dos secciones transversales consecutivas (ambas en corte o ambas en relleno), en este caso el volumen existente entre ambas secciones se calcula mediante la siguiente expresión:

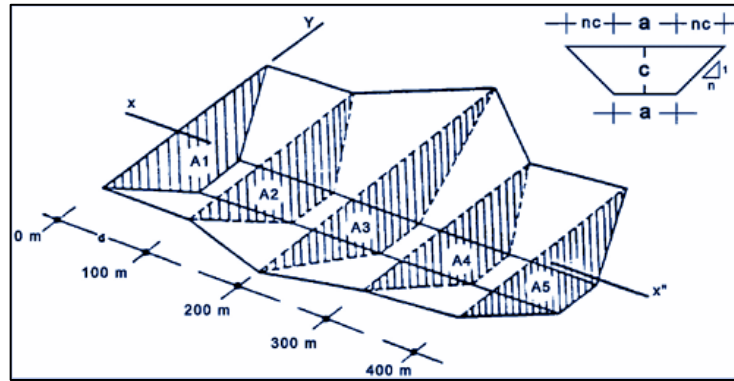
$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * d$$

donde  $V$  es el volumen del prismoide en  $m^3$ ,  $A_1$  es el área de la primer sección transversal expresada en  $m^2$ ,  $A_2$  es el área de la segunda sección transversal expresada en  $m^2$  y  $d$  es la distancia que existe entre las dos secciones transversales consecutivas expresada en  $m$ .

En la figura 30 se puede observar el volumen de corte que se genera por medio de un prisma, a partir de secciones de corte consecutivas a cierta distancia.



Figura 30. **Volumen de corte generado por áreas de corte consecutivas**

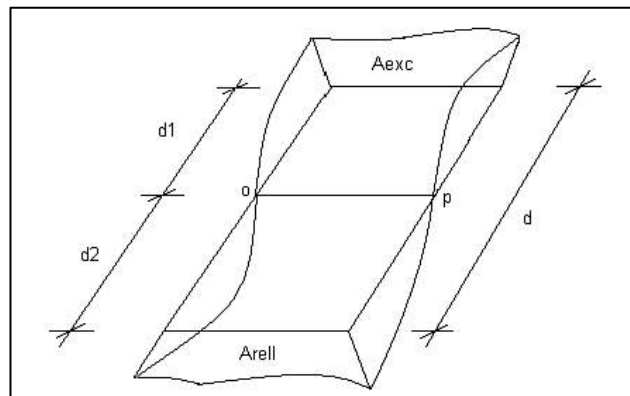


Fuente: *Movimiento de tierra*. [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_rsm/e/images/figuras/D.2.gif](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/images/figuras/D.2.gif).

Consulta: septiembre de 2015.

Se puede dar el caso en que una sección está en corte y la otra sección consecutiva en relleno, es decir, se está en presencia de una sección mixta, tal como se aprecia en la figura 31.

Figura 31. **Secciones consecutivas mixtas**



Fuente: *Movimiento de tierra*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/movimiento-de-tierra1.pdf>. Consulta: noviembre de 2015.

Para estos casos se debe recurrir a la distancia de paso. La distancia de paso no es más que la distancia en la cual no existe un área de relleno ni corte. La suma de las dos distancias de paso es igual a la distancia entre las dos secciones consecutivas. Para encontrar estas distancias de paso se utilizan las siguientes fórmulas:

$$d_1 = \frac{A_c}{A_c + A_R} * d \qquad d_2 = \frac{A_R}{A_c + A_R} * d$$

Una vez determinadas las distancias de paso se procede a calcular los volúmenes por medio de un prisma, como se realizó anteriormente:

$$V_C = \frac{A_C}{2} * d_1 \qquad V_R = \frac{A_R}{2} * d_2$$

#### **2.2.6.4. Balance y diagramas de masas**

Es un esquema utilizado para optimizar el movimiento de tierras de tal manera que sea el menor posible y también que esté compensado, esto quiere decir, que no haya exceso de tierras (por lo tanto, gasto en la contratación de vertederos y el acarreo del material sobrante) ni déficit de tierras (por lo tanto, gasto en la contratación de bancos de material y el acarreo del material de préstamo).

Para este trabajo se utilizó una herramienta que brinda AutoCAD Civil 3D, la cual hace un balance de masas que despliega con color rojo el volumen que será de acarreo y de color azul el volumen que es de acarreo libre, tomando una distancia de acarreo libre de 1 000 metros. El total de volumen de desperdicio será de 1 670 metros<sup>3</sup> (ver plano número 16), por lo que habrá necesidad de buscar un vertedero de material cerca del área.

### 2.2.7. Pavimento rígido

Un pavimento rígido es aquel que absorbe gran parte de los esfuerzos en su carpeta de rodadura y los esfuerzos que llegan al suelo son pocos. Por lo que un pavimento rígido está formado por una losa de concreto hidráulico, que se encuentra sobre una subbase o directamente sobre la subrasante.

Figura 32. Estructura del pavimento rígido



Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.7.1. Subrasante

Es la parte inferior de la estructura, la cual recibe las cargas de la subbase. Esta capa está comprendida del material del terreno natural, ya habiendo retirado cualquier tipo de materia orgánica. De toda la estructura es el elemento que recibe menos esfuerzos.

- Especificaciones técnicas:
  - Son materiales inadecuados para la construcción de la subrasante, los siguientes:

Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0,075 mm (núm. 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia. Además, basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de la estructura del pavimento.

Las rocas aisladas, mayores de 100 milímetros, que se encuentran incorporadas en los 300 milímetros superiores de la capa de suelo de subrasante.

- Son materiales adecuados para subrasante, los siguientes:

Suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR), que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que se esté reacondicionando y que además, no sean inadecuados para subrasante.

#### **2.2.7.2. Subbase**

Es la parte intermedia de la estructura, la cual recibe las cargas de la carpeta de rodadura. Esta capa está comprendida por un material selecto determinado por la AASHTO dentro de las categorías A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3 (ver anexo 5). Dicha capa transmite los esfuerzos a la siguiente capa por debajo de ella, la subrasante.

- Especificaciones técnicas:

Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 40, efectuado sobre muestra saturada, a 95 % de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0,5 % en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.

La porción de agregado retenida en el tamiz 4,75 mm (núm. 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones.

No más del 25 % en peso del material retenido en el tamiz 4,75 mm (núm. 4), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

El material de subbase debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de subbase o base granular puedan causar fallas en el pavimento.

El material para capa de subbase o base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las Disposiciones Especiales.

El material de la capa de subbase, en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz 0,425 mm (núm. 40), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la subbase, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25 para la subbase, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.

El equivalente de arena no debe ser menor de 30, según AASHTO T 176.

Cuando se necesite agregar material de relleno, en adición al que se encuentra naturalmente en el material, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, este debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, polvo de roca, limo inorgánico u otro material con alto porcentaje de partículas que pasan el tamiz 2,00 mm (núm. 10).

### **2.2.7.3. Capa de rodadura**

Es la parte superior de la estructura, la cual recibe las cargas del tránsito. El material de esta capa es concreto hidráulico, con su respectivo diseño para soportar esfuerzos a compresión y a flexión. Dicha capa transmite los esfuerzos a la siguiente capa por debajo de ella, la subbase.

- Especificaciones técnicas:

El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe ser como mínimo clase 24,5 (3 500) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínima de 24,5 MPa (3 500 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínima de 3,8 MPa (550 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días.

El agregado fino debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial. Debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos

de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.

El agregado grueso debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado.

### **2.2.8. Diseño de pavimento por el método de la Portland Cement Association (PCA) simplificado**

Este método es utilizado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, y se utilizan tablas compuestas por distribuciones de eje-carga que representan diferentes tipos de categorías de carreteras. Las tablas están hechas para un período de diseño de 20 años.

Los pasos a seguir son los siguientes, en el orden según sean listados:

- Determinar el tipo de categoría de eje-carga según la descripción de la carretera.
- Diseñar la subbase en función del tipo de subrasante, esto con el apoyo del módulo de reacción de Westergaard ("k") a través del CBR del material.
- Diseñar la carpeta de rodadura en función del tipo de soporte dado por la subrasante y subbase, tomando en cuenta el tipo de junta entre losas y también si el pavimento tendrá hombro o protección al lado de la pista.

### 2.2.8.1. Tipo de carretera según categoría eje-carga

Debido a que en la carretera hay un tránsito promedio diario (ADT) de 100 vehículos en una proyección a 20 años con una tasa de crecimiento del 3,5 %, tomando en cuenta un 3 % como el tránsito de camiones, da como resultado un tránsito promedio diario de camiones (ADTT) de 3 y considerando la descripción de la figura 33, la carretera a diseñar es de categoría carga por eje número 1 (calles residenciales, carreteras rurales y secundarias).

Figura 33. Categorías de eje-carga

Cat. Carga por Eje	Descripción	Tráfico			Cargas por Eje máximas, kips	
		ADT	ADTT		Ejes Simp.	Ejes Tand.
			%	Por día		
1.	Calles, residenciales. Carreteras rurales y secundarias (baja a mediana)	200-800	1-3	hasta 25	22	36
2.	Calles colectoras. Carreteras rurales y secundarias (alta). Calles arteriales y carreteras primarias (baja).	700-5000	5-18	40-1000	26	44
3.	Calles arteriales y carreteras primarias (mediana). Vías - expresa e interestatales urbanos y rurales (baja a mediana)	3000-12000 2 Carr. 3000-50000 4 Carr. o más	8-30	500-50000	30	52
4.	Calles arteriales, carreteras primarias, vías - expresa (alta). Interestatales urbanos y rurales (mediana a alta)	3000-20000 2 Carr. 3000-150000 4 Carr. o más	8-30	1500-8000	34	60

**Nota:**  
Las descripciones alta, mediana o baja; se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera. Así, "baja" para una interestatal rural representaría una carga mas pesada que "baja" para una carretera secundaria.

**ADTT:**  
Camiones, excluyendo los de dos ejes y cuatro ruedas

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements.* p. 23.



### 2.2.8.2. Diseño de la subbase

Para diseñar el espesor de la subbase primero se tiene que determinar el valor de “k” de la subrasante, el cual se obtiene por medio del esquema mostrado en la figura 34. A través del ensayo de CBR (ver anexo 7) del suelo, se determina que con una compactación de 87,9 % se obtiene un valor de CBR de 12,51 %.

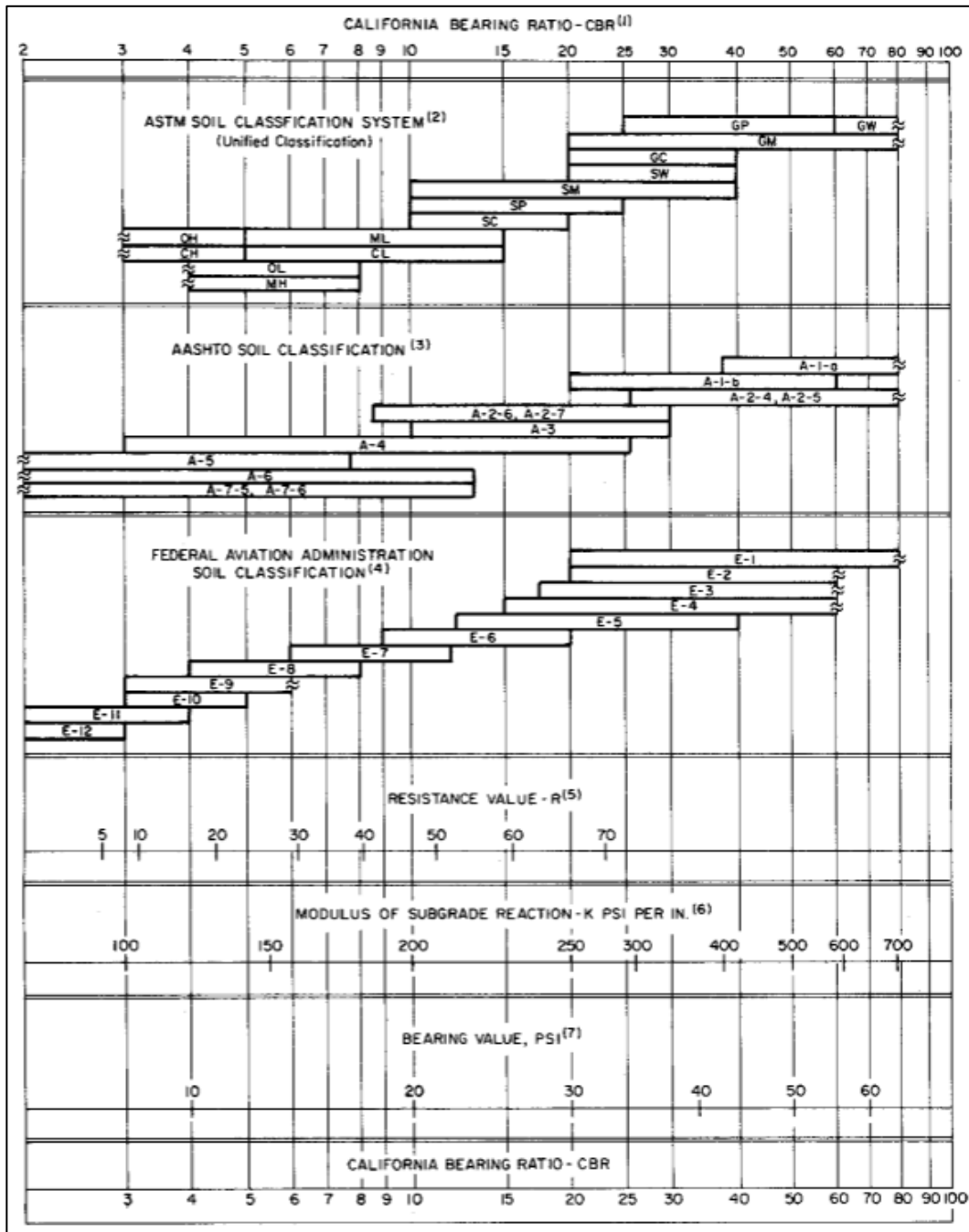
En la figura 35 se busca el valor de 12,51 % de CBR y se ve que coincide con un valor cercano de “k” para la subrasante de 200 libra/pulgada<sup>3</sup>. Se procede a buscar el espesor de la subbase en la figura 34.

Figura 34. Valor de “k” por espesor de subbase

Valor k de la Subrasante pci	Valor k de la Subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 6.

Figura 35. Módulo de reacción de subrasante “k”



Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 7.

Por lo que se utilizará una subbase de 4 pulgadas (10 centímetros) de espesor para obtener un nuevo valor “k” de 220 libra/pulgada<sup>3</sup>. Ya habiendo determinado el valor total de “k” se procede a la figura 36 y se ubica el tipo de soporte para la carpeta de rodadura:

Figura 36. **Tipo de soporte de subrasante más subbase**

Tipo de Suelo	Soporte	Valores k, pci
Suelos de grano fino con prodominio de limos y arcillas.	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena-gravas, con moderadas cantidades de limos y arcillas	Mediano	130-170
Arenas y mezclas de arena-gravas, relativamente libre de plásticos finos	Alto	180-220
subbases tratadas con cemento	Muy alto	250-400

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 24.

### 2.2.8.3. **Diseño de espesor del pavimento**

Habiendo definido el valor soporte de la subrasante y subbase combinadas, se procede a determinar el espesor del pavimento, tomando en cuenta el tipo de categoría de eje-carga que para este caso es de categoría número 1, sumándole que se usarán juntas de trabe por agregados, la sección típica no tiene hombros ni protección, y se debe de soportar un tránsito promedio diario de camiones (ADTT) de 3, se define el espesor del pavimento a través de la figura 37.

Figura 37. **Espesor de pavimento método PCA simplificado**

ADTT permisible, Categoría 1 de Carga por Eje - Pavimentos con Trabazón de Agregados en las Juntas						
Sin Berna de Concreto o Sardinel				Con Berna de Concreto o Sardinel		
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase			Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase	
	Bajo	Mediano	Alto		Bajo	Mediano
MR = 650 PSI	4.5		0.1	4	0.2	0.9
				4.5	2	8
	5	0.1	0.8	3	30	130
	5.5	3	15	45	320	
	6	40	160	430		
	6.5	330				
MR = 600 PSI	5		0.1	0.4	4	0.1
	5.5	0.5	3	9	4.5	0.2
	6	8	36	98	5	6
	6.5	76	300	760	5.5	73
	7	520			6	610
MR = 550 PSI	5.5	0.1	0.3	1	4.5	0.2
	6	1	6	18	5	0.8
	6.5	13	60	160	5.5	13
	7	110	400		6	130
	7.5	620				480

Nota:  
El análisis por fatiga controla el diseño.

Un ADTT fraccional indica que el pavimento puede soportar ilimitados carros de pasajeros y camiones de los ejes - cuatro ruedas, pero solo unos pocos camiones por semana (ADTT de 0.3 x 7 días, indica dos camiones pesados por semana).

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 24.

Se obtiene un espesor de carpeta de rodadura de 5,5 pulgadas (13,97 centímetros) capaz de soportar un ADTT de 9.

#### 2.2.8.4. Diseño de mezcla del concreto

Para el pavimento se escogió un módulo de ruptura de 600 libras/pulgada<sup>2</sup>, esto equivale a 42,18 kilogramos/centímetro<sup>2</sup>. Según el American Concrete Institute (ACI), el módulo de ruptura es igual a 2,58 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión, por lo que:

$$Mr = 2,58 \sqrt{f'c} \rightarrow f'c = \left(\frac{Mr}{2,58}\right)^2 = \left(\frac{42,18}{2,58}\right)^2 = 267,28 \text{ kg/cm}^2 \cong 3\,801,62 \text{ psi}$$

Por facilidades y como un factor de seguridad se utilizará un concreto con resistencia a la compresión de 4 000 libras/pulgada<sup>2</sup>. Para realizar el diseño de mezcla se utilizarán especificaciones del método ACI 211.1-81, tomando en cuenta que será una mezcla sin aire incorporado.

Primero se debe determinar la razón agua/cemento. Se determina mediante la condición de resistencia a la compresión a los 28 días (figura 38). Se determina que la relación agua/cemento para una resistencia a los 28 días de 4 000 psi es de 0,44.

Ahora se procede a la determinación del tamaño máximo del agregado grueso, esto se hará por medio de la figura 39. Como la estructura es una losa sin armadura y la dimensión mínima de la sección es de 12,7 cm, se utilizará un tamaño máximo de 25 milímetros (aproximadamente 1”).

Figura 38. **Relación entre la razón agua/cemento y la resistencia promedio a la compresión del concreto**

Resistencia específica a compresión a 28 días *		Razón Agua absoluta /Cemento (en masa)	
MPa	psi	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
32	4500	0,38	-
30	-	0,40	-
28	4000	0,44	0,35
25	-	0,50	0,39
26	3500	0,51	0,40
21	3000	0,58	0,46
20	-	0,60	0,49
17	-	0,66	0,54
18	2500	0,67	0,54

Fuente: *Diseño de mezcla de concreto*. <http://civilgeeks.com/2011/04/11/manual-de-dosificacion-de-concreto/>. Consulta: noviembre de 2015.

Figura 39. **Tamaño máximo del agregado grueso**

Dimensión Mínima de la Sección (cm)	Tamaño Máximo Recomendado en [mm.]			
	Muros armados, vigas y pilares	Muros sin armadura	Losas muy armadas	Losa débilmente armada o sin armadura.
6 - 12	12,5 - 20	20	20 - 25	20 - 40
14 - 28	20 - 40	40	- 40	40 - 75
30 - 74	40 - 75	75	40 - 75	- 75
≥ 76	40 - 75	150	40 - 75	75 - 150

Según la norma ACI 211.1-81

$D_n < \begin{cases} 1/5 \text{ de la menor dimensión interna del encofrado (b)} \\ 3/4 \text{ del espacio libre entre armaduras (s)} \\ 1/3 \text{ del espesor de las losas armadas (e)} \end{cases}$

NOTAS: Usar el mayor tamaño máximo económicamente disponible y consistente con las dimensiones de la estructura.  
 Cuando se desea hormigón de alta resistencia se pueden obtener mejores resultados con el uso de áridos de menor tamaño máximo nominal ya que estos producen mayores resistencias para una razón W/C dada.

Fuente: *Diseño de mezcla de concreto*. <http://civilgeeks.com/2011/04/11/manual-de-dosificacion-de-concreto/>. Consulta: noviembre de 2015.

Como siguiente paso, se debe determinar la fluidez del concreto, esto se hace con base en el tipo de asentamiento (*slump*) que se requiera según la figura 40. Se utilizará un valor de 8 cm ya que es una losa.

Figura 40. **Asentamientos de cono recomendados según tipo de construcción**

Tipo de construcción	Rango de Asentamiento de Cono [cm]
Fundaciones armados y bases	2 – 8
Fundaciones hormigón simple y muros de sub-estructura	2 – 8
Vigas y muros armados	2 – 10
Columnas de edificios	2 – 10
Pavimentos y losas	2 – 8
Hormigón masivo	2 – 8

Fuente: *Diseño de mezcla de concreto*. <http://civilgeeks.com/2011/04/11/manual-de-dosificacion-de-concreto/>. Consulta: noviembre de 2015.

Ahora se establece el peso del concreto según su tamaño máximo de agregado (ver figura 41). Con un tamaño máximo de 40 mm se obtiene una densidad de 2 380 kg/m<sup>3</sup>.

Figura 41. **Densidad del concreto según tamaño máximo del agregado**

Tamaño máximo del árido [mm]	Primera estimación de la densidad del hormigón fresco	
	Sin aire incorporado [kg/m <sup>3</sup> ]	Con aire incorporado [kg/m <sup>3</sup> ]
10	2280	2200
12,5	2310	2230
20	2345	2275
25	2380	2290
40	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Fuente: *Diseño de mezcla de concreto*. <http://civilgeeks.com/2011/04/11/manual-de-dosificacion-de-concreto/>. Consulta: noviembre de 2015.

A continuación se calcula la dosis de agua con la figura 42. La dosis de agua está en función de la fluidez de la mezcla y del tamaño máximo del agregado. Para este diseño de mezcla, tomando en cuenta una trabajabilidad de 4 cm y un tamaño máximo de agregado de 40 mm, se obtiene una dosis de 195 litros/m<sup>3</sup>.

Figura 42. **Cantidad de agua recomendada para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregados**

Trabajabilidad [cm] o contenido aire	Vebe [seg.]	Tamaño máximo del árido [mm.]							
		10	12,5	20	25	40	50	70	150
Hormigón sin aire incorporado									
3 – 5	5-3	205	200	185	180	160	155	145	125
8 – 10	3-0	225	215	200	195	175	170	160	140
15 – 18	0	240	230	210	205	185	180	170	-
Cantidad aire atrapado aproximado (%)		3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Hormigón con aire incorporado									
3 – 5	5-3	180	175	165	160	145	140	135	120
8 – 10	3-0	200	190	180	175	160	155	150	135
15 – 18	0	215	205	190	185	170	165	160	-
Cant. de aire total promedio recomendada (%)									
Exposición suave		4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5*	1,0*
Exposición moderada		6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5*	3,0*
Exposición extrema #		7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5*	4,0*

Fuente: *Diseño de mezcla de concreto*. <http://civilgeeks.com/2011/04/11/manual-de-dosificacion-de-concreto/>. Consulta: noviembre de 2015.

Para el cálculo de la dosis de cemento se utiliza la siguiente fórmula:

$$dosis\ de\ cemento = \frac{dosis\ de\ agua}{relación\ agua\ cemento} = \frac{195\ kg/m^3}{0,44} = 443,18\ kg/m^3$$



Se tiene una dosis de 443,18 kg/m<sup>3</sup>, esto un aproximado de 10,43 sacos de cemento por cada metro cúbico de mezcla.

Como siguiente paso, se calcula la dosis del agregado grueso en la mezcla. Se necesita tener el módulo de finura del agregado fino para obtener un mejor dato, para este caso se tomará un módulo de finura de la arena de 2,60. Según la figura 43, para un tamaño máximo del agregado grueso de 25 mm y un módulo de finura del agregado fino de 2,60, se obtiene una dosificación de 690 litros/m<sup>3</sup> de agregado grueso.

Figura 43. **Volumen aparente de agregado grueso seco por metro cúbico de concreto (l/m<sup>3</sup>)**

Tamaño máximo del árido [mm.]	Volumen aparente seco compactado de árido grueso * para Módulo de Finura de la Arena de:			
	2,40	2,60	2,80	3,00
10	500 (460)	480 (440)	460 (420)	440 (400)
12,5	590 (550)	570 (530)	550 (510)	530 (490)
20	660 (650)	640 (630)	620 (610)	600 (590)
25	710 (700)	690 (680)	670 (660)	650 (640)
40	750 (760)	730 (740)	710 (720)	690 (700)
50	780 (790)	760 (770)	740 (750)	720 (730)
75	820 (840)	800 (820)	780 (800)	760 (780)
150	870 (900)	850 (880)	830 (860)	810 (840)

\* Entre paréntesis valores propuestos por Zabaleta.

Fuente: *Diseño de mezcla de concreto*. <http://civilgeeks.com/2011/04/11/manual-de-dosificacion-de-concreto/>. Consulta: noviembre de 2015.

El peso unitario promedio del agregado grueso es de 1 600 kg/m<sup>3</sup>, y se sabe que en un metro cúbico hay mil litros, por lo que el peso de agregado grueso que se necesita para un metro cúbico de mezcla de concreto es de:

$$AG = 1\,600 \frac{kg}{m^3} * 690 \frac{l}{m^3} * \frac{1}{1\,000} \frac{m^3}{l} = 1\,104 \frac{kg}{m^3}$$

Entonces por cada m<sup>3</sup> de mezcla hay que dosificar 1 104 kg de agregado grueso.

Queda pendiente la determinación de la dosis de arena. Para esto se hace una simple resta tomando como referencia el peso de todos los elementos que conforman la mezcla de concreto. Se determina la dosis de arena con la siguiente operación:

$$AF = D - C - W - AG$$

donde AF es la cantidad en peso de agregado fino que lleva un metro cúbico de mezcla expresado en kg/m<sup>3</sup>, D es el peso del concreto en un metro cúbico expresado en kg/m<sup>3</sup>, C es el peso del cemento en un metro cúbico expresado en kg/m<sup>3</sup>, W es el peso del agua en un metro cúbico expresado en kg/m<sup>3</sup> y AG es el peso del agregado grueso en un metro cúbico expresado en kg/m<sup>3</sup>.

Sustituyendo datos en la fórmula:

$$AF = 2\,380 \frac{kg}{m^3} - 443,18 \frac{kg}{m^3} - 195 \frac{kg}{m^3} - 1\,104 \frac{kg}{m^3} = 637,82 \frac{kg}{m^3}$$

Por lo que el peso de la arena por m<sup>3</sup> es de 637,82 kg. Y se sabe que el peso unitario promedio del agregado fino es de 1 700 kg/m<sup>3</sup>, esto quiere decir que para cada metro cúbico de mezcla se tendrá que aplicar 375,19 litros de agregado fino.

Por último se procede a realizar las proporciones volumétricas para la mezcla. Dichas proporciones no son más que la relación de volumen que tiene cada elemento de la mezcla respecto al volumen del cemento.

La proporción volumétrica del agregado fino es:

$$Proporción_{AF} = \frac{0,375}{0,30} = 1,25$$

La proporción volumétrica del agregado grueso es:

$$Proporción_{AG} = \frac{0,69}{0,30} = 2,3$$

La proporción volumétrica del cemento es:

$$Proporción_C = \frac{0,30}{0,30} = 1$$

La proporción volumétrica del agua es:

$$Proporción_W = \frac{0,195}{0,30} = 0,65$$

Tabla XIII. **Resumen de diseño de mezcla para concreto**

Resistencia de 4 500 kg/plg <sup>2</sup>	Cantidades para 1 m <sup>3</sup>		
	m <sup>3</sup>	kg	Proporciones volumétricas
Agregado fino	0,375	637,82	1,25
Agregado grueso	0,69	1 104	2,30
Cemento	0,30	443,18	1,00
Agua	0,195	195	0,65

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.8.5. Tipos de juntas y sisas**

Existen dos tipos de juntas, nombradas respecto a la línea central, una es la transversal y la otra es la longitudinal. Uno de los propósitos de las juntas es para inducir las grietas del concreto a través de ellas, ya que el concreto siempre se agrieta. Otro de los propósitos es el de dejar cierta holgura entre las losas debido a expansiones térmicas del concreto.

De acuerdo a recomendaciones de la PCA, la separación entre juntas transversales no debe de ser mayor a 6,10 metros. Las juntas longitudinales generalmente coinciden en las divisiones de los carriles, variando entre 2,50 a 4,00 metros. Se recomienda que la relación entre las juntas transversales con longitudinales no exceda de un valor de 1,5. La altura de la sisa es de un tercio (1/3) del espesor del concreto.

Por lo que las juntas longitudinales irán solamente a la mitad del pavimento, las juntas transversales irán a cada 2,75 metros para crear losas cuadradas. La profundidad de la sisa será de 1,66 pulgadas (4,23 centímetros) hecha con un disco de corte para concreto.

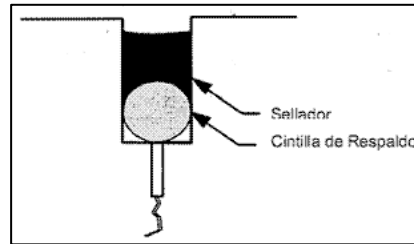
Las juntas deben ser rellenas o selladas con materiales adecuados que permitan el libre movimiento de las losas. El relleno y sellado de las juntas debe efectuarse antes de abrir el pavimento al tráfico de vehículos, incluyendo los de la construcción. Antes de aplicar el material de relleno o selladores, deben limpiarse y secarse todas las ranuras. La limpieza final debe hacerse con aire a presión.

Generalmente se instala un respaldo de esponja (*backer rod*), usualmente de polietileno, por medio de una rueda de acero a la profundidad especificada, teniendo el cuidado de no doblar o estirar este respaldo durante su instalación. La longitud del respaldo a instalar debe ser limitada a la que puede ser sellada el mismo día. Deben cumplir con la Norma ASTM D 3204.

El sello debe comprimirse entre el 20 y el 50 % de su ancho nominal al insertarlo en la junta, y el tope del mismo debe quedar a unos 6 mm debajo de la superficie del pavimento. Se debe aplicar el sellador con cuidado, removiendo de inmediato cualquier derrame y limpiando la superficie del pavimento. El sello debe ser premoldeado elastomérico de policloropreno que cumpla con la Norma AASHTO M 220 (ASTM D 2628).

En la figura 44 se aprecia una sisa que ha sido sellada con una cintilla de respaldo de polietileno y un sellador elastomérico de policloropreno.

Figura 44. **Esquema del sellado de juntas de concreto**



Fuente: *Sisas en el concreto*. <http://civilgeeks.com/2012/03/27/juntas-en-el-concreto/>.

Consulta: noviembre de 2015.

## **2.2.9. Diseño y localización de drenajes**

El agua es uno de los factores que forman parte del gran daño que muchas veces sufre una carretera, por lo que hay que hacer lo necesario para proteger la carretera del agua por medio de drenajes. Por seguridad de los usuarios también hay que drenar el agua de la pista de la carretera, esto para evitar accidentes.

### **2.2.9.1. Drenajes transversales y longitudinales**

Los drenajes transversales son aquellos que se ubican perpendicular a la línea central de la carretera. Los drenajes longitudinales son aquellos que se ubican paralelos a la línea central de la carretera.

Dentro de este tramo carretero existen solamente dos drenajes transversales. El más grande es el puente que se encuentra ubicado en la estación 0+724 y el otro drenaje se encuentra ubicado en la estación 2+080. Dado que la carretera en su mayoría del tramo colinda con un muro perimetral, se pudo ubicar solamente un drenaje transversal; en consecuencia los drenajes

longitudinales tendrán que tener una mayor capacidad para poder transportar la suficiente cantidad de agua para no rebalsar.

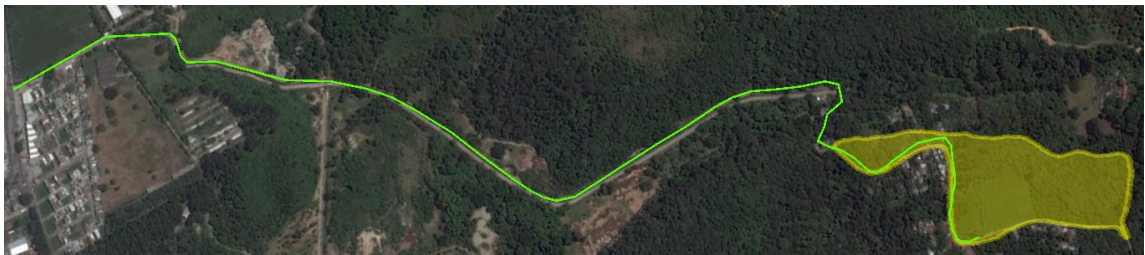
Los drenajes longitudinales serán cunetas trapezoidales, localizadas en ambos lados de la sección típica de la carretera.

#### **2.2.9.1.1. Cuenca**

Una cuenca es un territorio o área determinada, la cual drena o vierte todas sus aguas a un mismo punto.

Para el drenaje transversal, la cuenca está comprendida por el área de captación aguas arriba de toda la cuneta y parte del terreno adyacente a la carretera. En la figura 45 se aprecia de color verde claro la carretera y de color amarillo el área de la cuenca que aporta agua para desfogar en el drenaje transversal.

Figura 45. **Área de la cuenca para drenaje transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro.

Para el drenaje longitudinal, la cuenca está comprendida por el área de captación aguas arriba de toda la carretera y su terreno adyacente, conformado

en el tramo más largo desde el drenaje transversal en la estación 0+735 hasta la desembocadura, en este caso, el puente. En la figura 46 se aprecia de color verde la carretera y de color amarillo la cuenca que aporta agua para desfogar en el drenaje longitudinal.

Figura 46. **Área de la cuenca para drenaje longitudinal**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro.

#### **2.2.9.1.2. Caudal**

Es la cantidad o volumen de agua que fluye en un tiempo determinado. Existen diferentes métodos para la determinación de un caudal. En el diseño de los drenajes longitudinales y transversales de una carretera el método más utilizado es el método racional.

#### **2.2.9.1.3. Medición de caudal por medio del método racional**

El método racional es una fórmula simple que toma en cuenta el coeficiente de escorrentía del terreno, la intensidad de la precipitación que está



en función del tiempo de concentración, y el área de la cuenca que drenará el agua en el punto de descarga del drenaje (longitudinal o transversal).

La fórmula es la siguiente:

$$Q = C * i * A$$

donde, Q es el caudal expresado en  $m^3/s$ , C es el coeficiente de escorrentía (adimensional), i es la intensidad de la precipitación en función del tiempo de concentración expresada en m/s y A es el área de la cuenca expresada en  $m^2$ .

El coeficiente de escorrentía para el concreto es de 0,95 y de terrenos con vegetación aproximadamente de 0,30. La intensidad de lluvia a utilizar en los cálculos será de 200 mm/hr ( $5,56 \times 10^{-5}$  m/s) basado en el atlas hidrológico del Insivumeh, el cual se basa en 5 minutos de duración y un período de retorno de 10 años (ver anexo 6).

Cuando la cuenca tiene varios tipos de superficies, el coeficiente de escorrentía debe de ser considerado proporcionalmente al área de cada una. Esto se puede determinar con una ponderación porcentual de cada superficie. Este es el caso para el cálculo del caudal para ambas cuencas.

Para el cálculo del drenaje transversal:

$$Q = (0,95 * 12 \% + 0,30 * 88 \%) * 5,56 \times 10^{-5} m/s * 27\,320 m^2 \approx 0,57 m^3/s$$

Para el cálculo del drenaje longitudinal:

$$Q = (0,95 * 95 \% + 0,30 * 5 \%) * 5,56 \times 10^{-5} m/s * 6\,725 m^2 \approx 0,34 m^3/s$$

#### 2.2.9.1.4. Determinación de secciones según caudal

Habiendo obtenido un caudal se puede obtener la sección que satisface ese caudal con la fórmula de Manning de la siguiente manera:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \rightarrow Q = V * A \rightarrow Q = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

donde, V es la velocidad expresada en m/s, n es el coeficiente de rugosidad (adimensional), Rh es el radio hidráulico, S es la pendiente (adimensional) y A el área del canal expresada en m.

Para una sección circular se puede aplicar la siguiente fórmula después de una serie de despejes:

$$Q = \frac{\pi * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{4^{\frac{5}{3}} * n} \rightarrow D = \left( \frac{Q * 4^{\frac{5}{3}} * n}{\pi * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

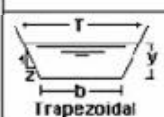
Por lo que si se sustiye datos para obtener el diámetro de la tubería transversal necesaria para la estación 2+080 se obtiene lo siguiente:

$$D = \left( \frac{0,57 * 4^{\frac{5}{3}} * 0,012}{\pi * 0,02^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,53 \text{ metros} \approx 20,87 \text{ pulgadas}$$

Por lo que se debería de utilizar una tubería de 20 pulgadas de diámetro, pero por motivos de limpieza y para evitar taponamientos se pondrá una tubería de 36 pulgadas de diámetro.

La figura 47 muestra las relaciones hidráulicas de una sección trapezoidal. Según la sección trapezoidal propuesta (ver figura 48) se tiene un valor de  $z = 0,5$  y que la altura de la cuneta es igual al ancho de la misma  $y = b$ .

Figura 47. **Relaciones hidráulica de una sección trapezoidal**

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado p	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$

Fuente: *Hidráulica de canales*. <http://facingyconst.blogspot.com/2007/09/diseo-de-canales.html>.

Consulta: noviembre de 2015.

Por lo que el radio hidráulico de la cuneta queda de la siguiente manera:

$$R_h = \frac{(b + z * y) * y}{b + 2y * \sqrt{1 + z^2}} = \frac{(b + 1 * b) * b}{b + 2b * \sqrt{1 + 1^2}} = \frac{2 * b}{1 + 2 * \sqrt{2}}$$

Y el área hidráulica de la cuneta queda de la siguiente manera:

$$A = (b + z * y) * y = (b + 1 * b) * b = 2 * b^2$$

Para la sección trapezoidal de las cunetas (drenaje longitudinal) después de una serie de despejes se utiliza la siguiente fórmula:

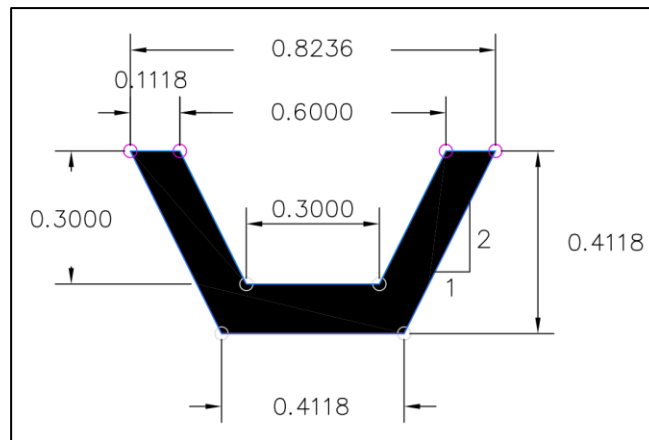
$$Q = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A = \frac{1}{n} * \left( \frac{2 * b}{1 + 2 * \sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * (2 * b^2)$$

Resolviendo la fórmula para b y sustituyendo valores de caudal obtenido con la fórmula del método racional, de la pendiente mínima donde puede ocurrir rebalse y de coeficiente de Manning para concreto:

$$b = \frac{\sqrt[4]{1 + 2\sqrt{2}} * \left(\frac{n * Q}{\sqrt{s}}\right)^{3/8}}{2^{5/8}} = \frac{\sqrt[4]{1 + 2\sqrt{2}} * \left(\frac{0,014 * 0,34}{\sqrt{0,83}}\right)^{3/8}}{2^{5/8}} = 0,126 \text{ m}$$

Obteniendo un valor de b menor al propuesto, por lo que la sección propuesta sí cumple. Se escogieron esas dimensiones para la cuneta debido a la limpieza de la misma, en esta puede caber una pala de ser necesario para quitar algún tipo de sedimento.

Figura 48. **Detalle de sección transversal de cuneta trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.10. Planos finales

El juego de planos se encuentra adjunto al trabajo como un apéndice, está comprendido por 16 planos de la siguiente manera:

- Planta general de la carretera y detalles generales
- Planta y perfil de estación 0+000 a 0+540
- Planta y perfil de estación 0+540 a 1+080
- Planta y perfil de estación 1+080 a 1+620
- Planta y perfil de estación 1+620 a 2+140
- Planta y perfil de estación 1+620 a 2+596
- Secciones de estación 0+000 a 0+420
- Secciones de estación 0+425 a 0+760
- Secciones de estación 0+765 a 1+165
- Secciones de estación 1+170 a 1+540
- Secciones de estación 1+560 a 1+945
- Secciones de estación 1+960 a 2+250
- Secciones de estación 2+255 a 2+370
- Secciones de estación 2+375 a 2+596
- Detalle de drenaje transversal de la estación 2+080
- Balance y diagrama de masas

### **2.2.11. Presupuesto**

En este inciso se describe cada precio unitario del proyecto junto con resumen del presupuesto donde se indica el monto total.

#### **2.2.11.1. Integración precios unitarios**

A continuación se presentan los precios unitarios de cada renglón, tomando un 5 % de herramientas para la mano de obra, un 25 % de costos indirectos y considerando un 12 % del IVA.

Tabla XIV. Precios unitarios de carretera pavimentada

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

RENLÓN	0	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE
--------	---	-----------------------------

RENDIMIENTO:	0,52	Ha /día		Precio:	14 155,08
					Q/ Ha

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
4	Chapeadora	8,00	Q 150,00	Q 4 800,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 4 800,00
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
4	Ayudantes	8,00	Q 11,00	Q 352,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 352,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 17,60
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
4	Combustible	gal	Q 22,00	Q 88,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 88,00
--------------	---------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		Q 5 257,60
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>		Q 1 314,40
<b>SUBTOTAL</b>		Q 6 572,00
<b>IVA 12 %</b>		Q 788,64
<b>TOTAL POR DÍA</b>		Q 7 360,64
<b>TOTAL POR:</b>	Ha	Q 14 155,08

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>
------------------------

RENLÓN	1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO
--------	---	-----------------------

RENDIMIENTO:	1,00	km /día	Precio:	3 387,44
				Q/ km

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Estación total	8,00	Q 150,00	Q 1 200,00
2	Prisma	8,00	Q 50,00	Q 800,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 2 000,00
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Topógrafo	8,00	Q 20,00	Q 160,00
2	Cadenero	8,00	Q 12,00	Q 192,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 352,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 17,60
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
1	Pintura	gal	Q 50,00	Q 50,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 50,00
--------------	---------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 2 419,60
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 604,90
<b>SUBTOTAL</b>	Q 3 024,50
<b>IVA 12 %</b>	Q 362,94
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 3 387,44
<b>TOTAL POR: km</b>	Q 3 387,44

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>
------------------------

REGLÓN	2	REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE
--------	---	-----------------------------------

RENDIMIENTO:	2 750,00	m <sup>2</sup> / día	Precio:	18,77
				Q/ m <sup>2</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Estación total	6,00	Q 300,00	Q 1 800,00
1	Prisma	6,00	Q 50,00	Q 300,00
1	Motoniveladora	6,00	Q 300,00	Q 1 800,00
1	Camión cisterna	3,00	Q 150,00	Q 450,00
4	Camión volteo	4,00	Q 250,00	Q 4 000,00
1	Retroexcavadora	4,00	Q 275,00	Q 1 100,00
1	Tractor	4,00	Q 325,00	Q 1 300,00
1	Rodo vibrocompactador	6,00	Q 225,00	Q 1 350,00

<b>TOTAL</b>	Q 12 100,00
--------------	-------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Topógrafo	8,00	Q 20,00	Q 160,00
2	Cadenero	8,00	Q 12,00	Q 192,00
4	Ayudantes	8,00	Q 12,00	Q 384,00
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 736,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 36,80
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
240	Material de desperdicio	m <sup>3</sup>	Q 100,00	Q 24 000,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 24 000,00
--------------	-------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 36 872,80
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 9 218,20
<b>SUBTOTAL</b>	Q 46 091,00
<b>IVA 12 %</b>	Q 5 530,92
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 51 621,92
<b>TOTAL POR:</b>	Q 18,77



Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

RENLÓN	3	BASE TRITURADA
--------	---	----------------

RENDIMIENTO:	175,00	m <sup>3</sup> /día		Precio:	449,78
					Q/ m <sup>3</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Estación total	6,00	Q 300,00	Q 1 800,00
1	Prisma	6,00	Q 50,00	Q 300,00
1	Motoniveladora	6,00	Q 300,00	Q 1 800,00
1	Camión cisterna	3,00	Q 150,00	Q 450,00
4	Camión volteo	6,00	Q 250,00	Q 6 000,00
1	Rodo vibrocompactador	6,00	Q 225,00	Q 1 350,00

<b>TOTAL</b>	Q 11 700,00
--------------	-------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Topógrafo	8,00	Q 20,00	Q 160,00
2	Cadenero	8,00	Q 12,00	Q 192,00
4	Ayudantes	8,00	Q 12,00	Q 384,00
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 736,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 36,80
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
175	Base triturada	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q 43 750,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 43 750,00
--------------	-------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 56 222,80
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 14 055,70
<b>SUBTOTAL</b>	Q 70 278,50
<b>IVA 12 %</b>	Q 8 433,42
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 78 711,92
<b>TOTAL POR: m<sup>3</sup></b>	Q 449,78

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>
------------------------

REGLÓN	4	CARPETA DE RODADURA ESPESOR DE 5,5"
--------	---	-------------------------------------

RENDIMIENTO:	260,00	m <sup>2</sup> /día		Precio:	281,23
					Q/ m <sup>2</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Camión mixer	8,00	Q 325,00	Q 2 600,00
1	Cortadora de concreto	2,50	Q 125,00	Q 312,50
1	Regla vibratoria	5,00	Q 110,00	Q 550,00
1	Dosificadora para concreto	4,00	Q 375,00	Q 1 500,00
1	Cargador frontal	2,00	Q 275,00	Q 550,00
1	Rueda para aplicar respaldo de polietileno	0,40	Q 1,25	Q 0,50
1	Pistola para aplicar sellador elastomérico	0,40	Q 0,75	Q 0,30

<b>TOTAL</b>	Q 5 513,30
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
5	Albañiles	8,00	Q 15,00	Q 600,00
6	Ayudantes	8,00	Q 12,00	Q 576,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 176,00
--------------	------------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 58,80
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
375,48	Cemento	saco	Q 81,00	Q 30 413,88
25,92	Piedrín	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 5 184,00
14,40	Arena	m <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 2 592,00
4,00	Costanera 5,5"x2"	unidad	Q 230,00	Q 920,00
1,00	Aditivos para concreto	global	Q 6 000,00	Q 6 000,00
54,00	Respaldo de polietileno	m	Q 1,25	Q 67,50
54,00	Sellador elastomérico	m	Q 5,60	Q 302,40

<b>TOTAL</b>	Q 45 479,78
--------------	-------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 52 227,88
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 13 056,97
<b>SUBTOTAL</b>	Q 65 284,85
<b>IVA 12 %</b>	Q 7 834,18
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 73 119,03
<b>TOTAL POR:</b>	m <sup>2</sup> 281,23

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

REGLÓN	5	CUNETAS
--------	---	---------

RENDIMIENTO:	100,00	m /día		Precio:	235,15
					Q/ m

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Camión mixer	4,00	Q 325,00	Q 1 300,00
2	Vibrador	4,00	Q 120,00	Q 960,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 2 260,00
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
5	Albañiles	8,00	Q 15,00	Q 600,00
5	Ayudantes	8,00	Q 12,00	Q 480,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 080,00
--------------	------------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 54,00
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
112,00	Cemento	saco	Q 81,00	Q 9 072,00
11,20	Piedrín	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 2 240,00
9,60	Arena	m <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 1 728,00
50,00	Madera	pie tabla	Q 7,25	Q 362,50

<b>TOTAL</b>	Q 13 402,50
--------------	-------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 16 796,50
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 4 199,13
<b>SUBTOTAL</b>	Q 20 995,63
<b>IVA 12 %</b>	Q 2 519,48
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 23 515,11
<b>TOTAL POR:</b>	m Q 235,15

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>	
------------------------	--

REGLÓN	6	EXCAVACIÓN PARA ALCANTARILLA
--------	---	------------------------------

RENDIMIENTO:	16,25	m <sup>3</sup> /día	Precio:	379,15
				Q/ m <sup>3</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Concretera	2,00	Q 100,00	Q 200,00
1	Compactadora de mano	2,00	Q 150,00	Q 300,00
1	Retroexcavadora	2,00	Q 275,00	Q 550,00
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 050,00
--------------	------------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
2	Ayudantes	4,00	Q 12,00	Q 96,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 96,00
--------------	---------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 4,80
--------------	--------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
16,25	Selecto	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 3 250,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 3 250,00
--------------	------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 4 400,80
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 1 100,20
<b>SUBTOTAL</b>	Q 5 501,00
<b>IVA 12 %</b>	Q 660,12
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 6 161,12
<b>TOTAL POR: m<sup>3</sup></b>	Q 379,15

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>		
------------------------	--	--

REGLÓN	7	TUBERÍA DE 36"
--------	---	----------------

RENDIMIENTO:	6,00	m /día	
			Precio: 1 237,04 Q/ m

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q -
--------------	-----

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
2	Ayudantes	8,00	Q 12,00	Q 192,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 192,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 9,60
--------------	--------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
6,00	Tubería corrugada de 36"	m	Q 850,00	Q 5 100,00
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 5 100,00
--------------	------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 5 301,60
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 1 325,40
<b>SUBTOTAL</b>	Q 6 627,00
<b>IVA 12 %</b>	Q 795,24
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 7 422,24
<b>TOTAL POR:</b>	Q 1 237,04 m

Continuación de la tabla XIV.

<b>PRECIO UNITARIO</b>				
------------------------	--	--	--	--

REGLÓN	8	MAMPOSTERIA		
--------	---	-------------	--	--

RENDIMIENTO:	1,60	m <sup>3</sup> /día		Precio:	2 208,02
					Q/ m <sup>3</sup>

**EQUIPO**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
1	Concreteira	2,00	Q 100,00	Q 200,00
1	Vibrador	2,00	Q 120,00	Q 240,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 440,00
--------------	----------

**MANO DE OBRA**

Cantidad	Descripción	Horas	Costo Hora	Subtotal
2	Albañiles	8,00	Q 15,00	Q 240,00
2	Ayudantes	8,00	Q 12,00	Q 192,00
				Q -
				Q -
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 432,00
--------------	----------

**HERRAMIENTAS (5 % MANO DE OBRA)**

<b>TOTAL</b>	Q 21,60
--------------	---------

**MATERIALES**

Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
14,40	Cemento	saco	Q 81,00	Q 1 166,40
1,20	Piedrín	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 240,00
1,04	Arena	m <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 187,20
5,00	Madera	pie tabla	Q 7,25	Q 36,25
				Q -

<b>TOTAL</b>	Q 1 629,85
--------------	------------

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 2 523,45
<b>COSTOS INDIRECTOS 25 %</b>	Q 630,86
<b>SUBTOTAL</b>	Q 3 154,31
<b>IVA 12 %</b>	Q 378,52
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 3 532,83
<b>TOTAL POR:</b>	m <sup>3</sup> Q 2 208,02

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11.2. Resumen del presupuesto

El precio total del proyecto es de seis millones doscientos ochenta y tres mil ciento seis quetzales con cincuenta y dos centavos (Q 6 283 106,52). En la tabla XV se muestra la integración de los renglones.

Tabla XV. Renglones de carretera pavimentada

RENLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
0	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	1,04	Q 14 155,08	Q 14 721,28
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	km	2,6	Q 3 387,44	Q 8 807,34
2	REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE	m <sup>2</sup>	18720	Q 18,77	Q 351 374,40
3	BASE TRITURADA	m <sup>3</sup>	1430	Q 449,78	Q 643 185,40
4	CARPETA DE RODADURA ESPESOR DE 5,5"	m <sup>2</sup>	14300	Q 281,23	Q 4 021 589,00
5	CUNETAS	m	5200	Q 235,15	Q 1 222 780,00
6	EXCAVACIÓN PARA ALCANTARILLA	m <sup>3</sup>	16,25	Q 379,15	Q 6 161,19
7	TUBERÍA DE 36"	m	6	Q 1 237,04	Q 7 422,24
8	MAMPOSTERIA	m <sup>3</sup>	3,2	Q 2 208,02	Q 7 065,66
<b>TOTAL</b>					<b>Q 6 283 106,52</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.12. Cronograma de ejecución física y financiera

El proyecto se llevará a cabo en tres meses con una semana, a menos que surja algún imprevisto y se deba interrumpir el cronograma de trabajo que se muestra en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Cronograma de ejecución física y financiera de carretera pavimentada**

RENLÓN	MES 1				MES 2			
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
0	Q 14 721,28							
1	Q 8 807,34							
2		Q 351 374,40						
3			Q 321 592,70	Q 321 592,70				
4				Q 446 843,22	Q 446 843,22	Q 446 843,22	Q 446 843,22	Q 446 843,22
5						Q 152 847,50	Q 152 847,50	Q 152 847,50
6								Q 6 161,19
7								Q 7 422,24
8								Q 7 065,66
TOTAL	Q23 528,63	Q351 374,40	Q321 592,70	Q 768 435,92	Q 446 843,22	Q 599 690,72	Q 599 690,72	Q 620 339,81
TOTAL ACUMULADO	Q23 528,63	Q374 903,03	Q696 495,73	Q1 464 931,65	Q1 911 774,87	Q2 511 465,59	Q3 111 156,32	Q3 731 496,13
PORCENTAJE	0,37 %	5,59 %	5,12 %	12,23 %	7,11 %	9,54 %	9,54 %	9,87 %
PORCENTAJE ACUMULADO	0,37 %	5,97 %	11,09 %	23,32 %	30,43 %	39,97 %	49,52 %	59,39 %

RENLÓN	MES 3				MES 4
	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13
0					
1					
2					
3					
4	Q 446 843,22	Q 446 843,22	Q 446 843,22	Q 446 843,22	
5	Q 152 847,50	Q 152 847,50	Q 152 847,50	Q 152 847,50	Q 152 847,50
6					
7					
8					
TOTAL	Q 599 690,72	Q 599 690,72	Q 599 690,72	Q 599 690,72	Q 152 847,50
TOTAL ACUMULADO	Q4 331 186,85	Q4 930 877,57	Q5 530 568,30	Q6 130 259,02	Q6 283 106,52
PORCENTAJE	9,54 %	9,54 %	9,54 %	9,54 %	2,43 %
PORCENTAJE ACUMULADO	68,93 %	78,48 %	88,02 %	97,57 %	100,00 %

Fuente: elaboración propia.



### **2.2.13. Evaluación de impacto ambiental**

Por medio de la evaluación de impacto ambiental se puede definir la mejor forma de preservar y proteger los recursos naturales debido a la construcción de la carretera. Los impactos debido a la construcción de esta carretera se consideran poco significativos, debido a que no cruzan alguna zona de alto valor escénico, como por ejemplo algún sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal o área de producción pecuaria.

El estudio de impacto ambiental se encuentra en el anexo 8 con el formato que define el formulario DGGGA-GA-R-001 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).



## CONCLUSIONES

1. El municipio de Villa Canales es un municipio que empieza a desarrollar su infraestructura, esto debido al crecimiento del casco urbano, por lo cual habrá un crecimiento considerable en su población en los próximos años.
2. Trabajar con estructuras metálicas es muy distinto a trabajar con estructuras de concreto, esto se refleja en el método constructivo, el tiempo de ejecución y costos del proyecto.
3. Al igual que con las estructuras de concreto, en las estructuras metálicas se diseña con base en esfuerzos de compresión, tensión, corte y flexión provocados por fuerzas horizontales y verticales.
4. El diseño del pavimento se elaboró con el método de la PCA simplificado, el cual se basa en el valor soporte de la subrasante y la cantidad de camiones diarios que transitarán el pavimento. Se tomó la carretera como categoría 1, ya que es una carretera rural o secundaria y tiene un ADTT de 3 camiones solamente. Como resultado final se obtuvo una subbase de 10 cm de espesor y una carpeta de rodadura de concreto hidráulico de 12,7 centímetros de espesor.
5. Los drenajes en las carreteras son de suma importancia, tanto los longitudinales como transversales. El desfogue rápido del agua dentro de una carretera ayudará a protegerla de la erosión y daños en la subbase y subrasante.



## RECOMENDACIONES

1. Cuando se lleven a cabo los proyectos se debe contar con personal calificado para su supervisión y ejecución, también mano de obra calificada para la construcción.
2. Durante el proceso de construcción se deben hacer ensayos a los materiales de construcción para verificar su calidad y que cumplan con los requerimientos y normas estipuladas.
3. Se debe tomar en cuenta que el precio de la mano de obra y de los materiales de construcción puede variar en el tiempo y este factor puede elevar o disminuir el precio de cada proyecto.
4. Para prolongar el tiempo de vida de ambos proyectos se deben hacer constantes revisiones de la estructura y de ser necesario algún tipo de reparación hay que llevarla a cabo. Se debe dar el debido mantenimiento periódicamente a cada proyecto.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Altos Hornos de México. *Manual de diseño para la construcción con acero*. Estados Unidos Mexicanos: Limusa, 2013. 420 p.
2. American Institute of Steel Construction. *Manual of steel construction*. 2nd ed. USA: AISC, 1994. 1993 p. ISBN 1-56424-042-8.
3. CABRERA MÉNDEZ, Walter José. *Diseño de un salón municipal para la aldea El Rodeo y diseño de puente vehicular para la cabecera municipal de Santa Catarina Mita, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 210 p.
4. COTI DÍAZ, Iván Alejandro. *Diseño de salón de usos múltiples, área recreativa y deportes, y pavimento del acceso principal para la colonia El Maestro, Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 72 p.
5. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 3a ed. México: Limusa, 2004. 147 p. ISBN 968-18-4849-7.
6. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. De la Cera Alonso, José (trad.). 4a ed. México: Thomson, 1999. 880 p.

7. MÉNDEZ BERREONDO, Luis Antonio. *Diseño del edificio escolar y gimnasio polideportivo en la aldea cerro de oro del municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 220 p.
8. PAREDES RUIZ, Paola Anaitee. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 136 p.
9. PACKARD, Robert G. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. United States of America: PCA, Paving Transportation Department, 1984. 50 p.
10. SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 68 p.
11. VÁSQUEZ GUTIERREZ, Jéssica Zusely. *Comparación estructural de dos sistemas constructivos: sistema doble de acero estructural y marcos resistentes a momentos de concreto armado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 272 p.



## **APÉNDICES**



## APÉNDICE 1. MEMÓRIA DE CÁLCULO DEL MÉTODO DE ANÁLISIS APROXIMADO DE MARCOS RÍGIDOS

### CASO #1 (ANÁLISIS APROXIMADO)

$$W = (328,52) * (65,617) = 21\ 556,497\ Lb$$

$$H_1 = H_5 = \frac{(21\ 556,497)(65,617)}{8 * (18,792)(19,685)} * (2 + 7,332 + 0,333) = 4\ 619,53\ Lb$$

$$V_1 = V_5 = \frac{21\ 556,497}{2} = 10\ 778,249\ Lb$$

$$M_2 = M_4 = -(4\ 619,53)(19,685) = -90\ 935,45\ Lb * pie$$

$$M_3 = \frac{(21\ 556,497)(19,685)}{8} - (4\ 619,53)(19,685)(1 + 0,333) = -68\ 174,497\ Lb * pie$$

REACCIÓN	V1	V5	H1	H5	M2	M3	M4
CASO 1	10 778,25 Lb	10 778,25 Lb	4 619,53 Lb	4 619,53 Lb	90 935,45 Lb*pie	68 174,50 Lb*pie	90 935,45 Lb*pie

### CASO #2 (ANÁLISIS APROXIMADO)

$$W = (1,64)(33,465 + 19,685) = 87,166Lb$$

$$m = \frac{19,685}{19,685 + 6,562} = 0,75$$

$$n = 1 - 0,75 = 0,25$$

$$G = 1 + \frac{0,333}{2} = 1,167$$

$$k = 18,792 + 7,332 + 9,019 + 2(1,167)(0,333) = 35,92$$

$$H_5 = \frac{(87,166)}{4 * (18,792)} * \left[ (35,92)(0,25) + 0,75 * \left( 7,332 + 9,019 + \frac{1}{7} \right) \right] = 24,69\ Lb$$

$$H_1 = -(87,166 - 24,69) = -62,476 \text{ Lb}$$

$$V_5 = \frac{(87,166)(19,685)}{2 * (65,617)} * (1 + 0,25 + (0,25)(0,333)) = 17,43 \text{ Lb}$$

$$V_1 = -V_5 = -17,43 \text{ Lb}$$

$$M_2 = \frac{(81,166)(19,685)}{2} * (1 + 0,25) - (24,69)(19,685) = 586,39 \text{ Lb} * \text{pie}$$

$$M_4 = -(25,69)(19,685) = -486,02 \text{ Lb} * \text{pie}$$

$$M_3 = -75,95 \text{ Lb} * \text{pie}$$

REACCIÓN	V1	V5	H1	H5	M2	M3	M4
CASO 2	17,43 Lb	17,43 Lb	62,48 Lb	24,69 Lb	586,39 Lb*pie	75,95 Lb*pie	486,02 Lb*pie

### CASO #3 (ANÁLISIS APROXIMADO)

$$H_5 = \frac{(1314,82)(7,332 + 9,019)}{2 * (18,792)} = 572,02 \text{ Lb}$$

$$H_1 = -(1314,82 - 572,02) = -742,8 \text{ Lb}$$

$$V_1 = \frac{-(1314,82)(19,685)}{65,617} = -394,44 \text{ Lb}$$

$$V_5 = \frac{(1314,82)(19,685)}{65,617} = 394,44 \text{ Lb}$$

$$M_2 = (19,685) * (1314,82 - 394,44) = 18 117,68 \text{ Lb} * \text{pie}$$

$$M_3 = \frac{(1314,82)(19,685)}{2} - (572,02)(19,685)(1 + 0,333) = -2 068,75 \text{ Lb} * \text{pie}$$

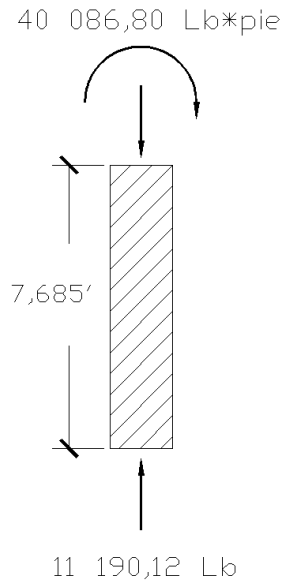
$$M_4 = -(572,02)(19,685) = -11 260,21 \text{ Lb} * \text{pie}$$

REACCIÓN	V1	V5	H1	H5	M2	M3	M4
CASO 3	394,44 Lb	394,44 Lb	742,8 Lb	572,02 Lb	18 117,68 Lb*pie	2 068,75 Lb*pie	11 260,21 Lb*pie

Fuente: elaboración propia.

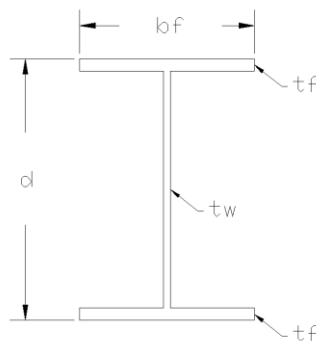
## APÉNDICE 2. DISEÑO PERFIL DE COLUMNA

- Diagrama de cuerpo libre de columna.



- Se elige algún tipo de perfil y se anotan sus propiedades.

PERFIL W12x45



		Patín		Alma	Propiedades mecánicas	
Área (A)	Peralte (d)	Ancho (bf)	Espesor (tf)	Espesor (tw)	Radio de giro (r)	Inercia (S)
plg <sup>2</sup>	plg	plg	plg	plg	plg	plg <sup>3</sup>
13,2	12,06 (12")	8,045 (8")	0,575 (9/16")	0,335 (5/16")	5,15	58,1

- Se calcula el esfuerzo a compresión ( $f_a$ ).

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{11\,190,12}{13,2} = 847,74 \text{ psi} = 0,848 \text{ ksi}$$

- Se calcula la relación de esbeltez.

$$\varepsilon = \frac{K * L}{r} = \frac{(2)(92,22)}{5,15} = 35,81$$

- Se obtiene el esfuerzo permisible a compresión ( $F_a$ ) en función de la relación de esbeltez.

$$F_a = 19,52 \text{ ksi}$$

- Se revisa la relación de esfuerzos a compresión.

$$\frac{f_a}{F_a} < 0,15 \Rightarrow \frac{0,848}{19,52} = 0,04 < 0,15 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

- Se calcula el esfuerzo a flexión.

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{(40\,086,8)(12)}{58,1} = 8,28 \text{ ksi}$$

- Se obtiene el esfuerzo permisible a flexión el cual es el 60 % del esfuerzo a tensión del acero.

$$F_b = 0,60 * F_y = 0,60 * 36\,000 \text{ Lb/plg}^2 = 22\,000 \text{ Lb/plg}^2 = 22 \text{ ksi}$$

- Se utiliza la fórmula del AISC

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \Rightarrow \frac{0,848}{19,52} + \frac{8,28}{22} = 0,41 < 1 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

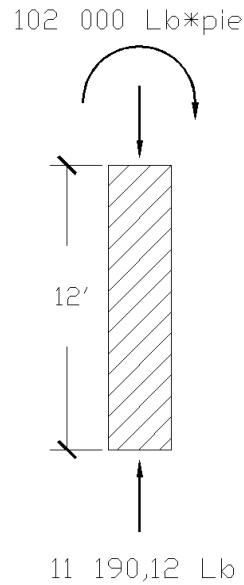
- Se hace una última revisión de esfuerzos

$$f_a + f_b < 0,6 F_y \Rightarrow 0,848 + 8,28 = 9,128 < 22 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

Fuente: elaboración propia.

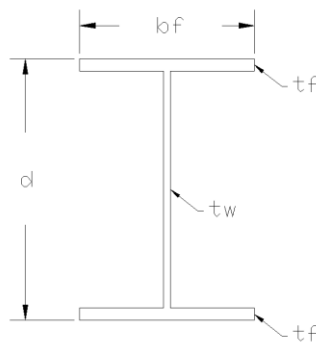
### APÉNDICE 3. DISEÑO PERFIL DE RODILLA

- Diagrama de cuerpo libre de rodilla.



- Se elige algún tipo de perfil y se anotan sus propiedades.

PERFIL W14x48



Área (A)	Peralte (d)	Patín		Alma	Propiedades mecánicas	
		Ancho (b <sub>f</sub> )	Espesor (t <sub>f</sub> )		Área (A)	Peralte (d)
plg <sup>2</sup>	plg	plg	plg	plg <sup>2</sup>	plg	plg
14,1	13,79 (13 ¾")	8,030 (8")	0,595 (5/8")	14,1	13,79 (13 ¾")	8,030 (8")

- Se calcula el esfuerzo a compresión ( $f_a$ ).

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{11\,190,12}{14,1} = 793,63 \text{ psi} = 0,793 \text{ ksi}$$

- Se calcula la relación de esbeltez.

$$\varepsilon = \frac{K * L}{r} = \frac{(2)(144)}{5,85} = 49,23$$

- Se obtiene el esfuerzo permisible a compresión ( $F_a$ ) en función de la relación de esbeltez.

$$F_a = 18,40 \text{ ksi}$$

- Se revisa la relación de esfuerzos a compresión.

$$\frac{f_a}{F_a} < 0,15 \Rightarrow \frac{0,793}{18,40} = 0,04 < 0,15 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

- Se calcula el esfuerzo a flexión.

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{(102,68)(12)}{70,3} = 17,53 \text{ ksi}$$

- Se obtiene el esfuerzo permisible a flexión el cual es el 60 % del esfuerzo a tensión del acero.

$$F_b = 0,60 * F_y = 0,60 * 36\,000 \text{ Lb/plg}^2 = 22\,000 \text{ Lb/plg}^2 = 22 \text{ ksi}$$

- Se utiliza la fórmula del AISC

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \Rightarrow \frac{0,793}{18,40} + \frac{17,53}{22} = 0,84 < 1 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

- Se hace una última revisión de esfuerzos

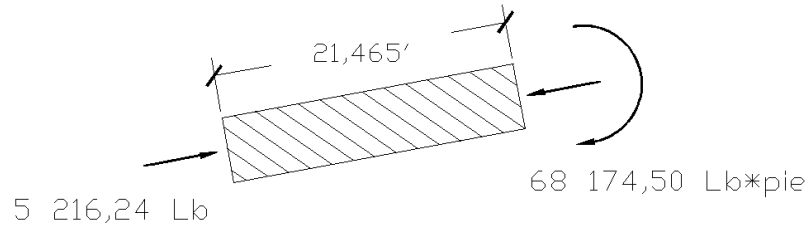
$$f_a + f_b < 0,6 F_y \Rightarrow 0,793 + 17,53 = 18,323 < 22 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

Fuente: elaboración propia.



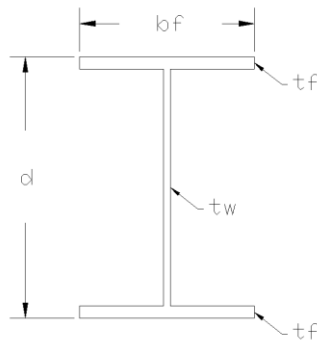
## APÉNDICE 4. DISEÑO PERFIL DE VIGA

- Diagrama de cuerpo libre de viga.



- Se elige algún tipo de perfil y se anotan sus propiedades.

PERFIL W12x45



Área (A)	Peralte (d)	Patín		Alma	Propiedades mecánicas	
		Ancho ( $b_f$ )	Espesor ( $t_f$ )	Espesor ( $t_w$ )	Radio de giro (r)	Inercia (S)
plg <sup>2</sup>	plg	plg	plg	plg	plg	plg <sup>3</sup>
13,2	12,06 (12")	8,045 (8")	0,575 (9/16")	0,335 (5/16")	5,15	58,1

- Se calcula el esfuerzo a compresión ( $f_a$ ).

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{5\,216,24}{13,2} = 395,17 \text{ psi} = 0,395 \text{ ksi}$$

- Se calcula la relación de esbeltez.

$$\varepsilon = \frac{K * L}{r} = \frac{(2)(257,58)}{5,15} = 100,03$$

- Se obtiene el esfuerzo permisible a compresión ( $F_a$ ) en función de la relación de esbeltez.

$$F_a = 12,98 \text{ ksi}$$

- Se revisa la relación de esfuerzos a compresión.

$$\frac{f_a}{F_a} < 0,15 \Rightarrow \frac{0,395}{12,98} = 0,03 < 0,15 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

- Se calcula el esfuerzo a flexión.

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{(68\ 174,50)(12)}{58,1} = 14,08 \text{ ksi}$$

- Se obtiene el esfuerzo permisible a flexión el cual es el 60 % del esfuerzo a tensión del acero.

$$F_b = 0,60 * F_y = 0,60 * 36\ 000 \text{ Lb/plg}^2 = 22\ 000 \text{ Lb/plg}^2 = 22 \text{ ksi}$$

- Se utiliza la fórmula del AISC

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \Rightarrow \frac{0,395}{12,98} + \frac{14,08}{22} = 0,67 < 1 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

- Se hace una última revisión de esfuerzos

$$f_a + f_b < 0,6 F_y \Rightarrow 0,395 + 14,08 = 14,475 < 22 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 5. DISEÑO DE PLATINA PARA UNIÓN VIGA-VIGA Y VIGA-RODILLA

- Determinar el área requerida para la platina.

$$A = \frac{P}{F_p} = \frac{5\,216,24}{0,75 * 36\,000} = 0,19 \text{ plg}^2$$

- Dimensión propuesta para platina:

$$b * d = 8 * 12 = 96 \text{ plg}^2 > 14,92 \text{ plg}^2$$

Se propone una platina de 10"x14".

- Calcular los valores de  $m$  y  $n$

$$m = \frac{14 - 0,95 * d}{2} = \frac{14 - 0,95 * (12)}{2} = 1,3''$$

$$n = \frac{10 - 0,80 * b}{2} = \frac{10 - 0,80 * (8)}{2} = 1,8''$$

$$z = 1,8''$$

- Determinar el espesor de la platina

$$t = \sqrt{\frac{3 * \frac{P}{A} * z^2}{0,75 * F_y}} = \sqrt{\frac{3 * \frac{5\,216,24}{10 * 14} * (1,8)^2}{0,75 * 36\,000}} = 0,12'' \rightarrow \text{Se utilizará } t = 1/4''$$

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 6. DISEÑO DE PLATINA PARA UNIÓN COLUMNA-CIMENTACIÓN Y COLUMNA-RODILLA

- Determinar el área requerida para la platina.

$$A = \frac{P}{F_p} = \frac{11\,190,12}{0,25 * 3\,000} = 14,92 \text{ plg}^2$$

- Dimensión propuesta para platina:

$$b * d = 8 * 12 = 96 \text{ plg}^2 > 14,92 \text{ plg}^2$$

Se propone una platina de 10"x14".

- Calcular los valores de  $m$  y  $n$

$$m = \frac{14 - 0,95 * d}{2} = \frac{14 - 0,95 * (12)}{2} = 1,3''$$

$$n = \frac{10 - 0,80 * b}{2} = \frac{10 - 0,80 * (8)}{2} = 1,8''$$

$$z = 1,8''$$

- Determinar el espesor de la platina

$$t = \sqrt{\frac{3 * \frac{P}{A} * z^2}{0,75 * F_y}} = \sqrt{\frac{3 * \frac{11\,190,12}{10 * 14} * (1,8)^2}{0,75 * 36\,000}} = 0,126'' \rightarrow \text{Se utilizará } t = 1/4''$$

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 7. CÁLCULO DE PERNOS PARA PLATINA DE COLUMNA-CIMENTACIÓN

Se determina la fuerza cortante que actúa sobre los 2 pernos de 24 mm:

$$f_v = 5\,216,24 \text{ Lb } (23\,202,99 \text{ N})$$

Se calcula la fuerza cortante capaz de soportar por los 2 pernos de 24 mm:

$$F_v = 0,4 * f_{ub} * A_s = 0,4 * (800 \text{ N/mm}^2) * \left(\frac{\pi}{4} (24 \text{ mm})^2 * 2\right) = 289\,529,18 \text{ N}$$

Se determina la fuerza a tensión que actúa sobre los 2 pernos de 24 mm:

$$f_t = 11\,190,12 \text{ Lb } (49\,776,13 \text{ N})$$

Se calcula la fuerza a tensión capaz de soportar por los 2 pernos de 24 mm:

$$F_t = 0,72 * f_{ub} * A_s = 0,72 * (800 \text{ N/mm}^2) * \left(\frac{\pi}{4} (24 \text{ mm})^2 * 2\right) = 521\,152,52 \text{ N}$$

Se utiliza la ecuación de esfuerzos combinados para verificar si los 2 pernos de 24 mm resisten los esfuerzos a los que están siendo sometidos:

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_t} \leq 1 \Rightarrow \frac{23\,202,99 \text{ N}}{289\,529,18 \text{ N}} + \frac{49\,776,13 \text{ N}}{521\,152,52 \text{ N}} = 0,18 \leq 1 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 8. CÁLCULO DE PERNOS PARA PLATINA DE COLUMNA-RODILLA

Se determina la fuerza cortante que actúa sobre los 4 pernos de 12 mm:

$$f_v = 5\,216,24 \text{ Lb} \text{ (} 23\,202,99 \text{ N)}$$

Se calcula la fuerza cortante capaz de soportar por los 4 pernos de 12 mm:

$$F_v = 0,4 * f_{ub} * A_s = 0,4 * (800 \text{ N/mm}^2) * \left(\frac{\pi}{4} (12 \text{ mm})^2 * 4\right) = 144\,764,59 \text{ N}$$

Se determina la fuerza a tensión que actúa sobre los 4 pernos de 12 mm:

$$f_t = 11\,190,12 \text{ Lb} \text{ (} 49\,776,13 \text{ N)}$$

Se calcula la fuerza a tensión capaz de soportar por los 4 pernos de 12 mm:

$$F_t = 0,72 * f_{ub} * A_s = 0,72 * (800 \text{ N/mm}^2) * \left(\frac{\pi}{4} (12 \text{ mm})^2 * 4\right) = 260\,576,26 \text{ N}$$

Se utiliza la ecuación de esfuerzos combinados para verificar si los 4 pernos de 12 mm resisten los esfuerzos a los que están siendo sometidos:

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_t} \leq 1 \Rightarrow \frac{23\,202,99 \text{ N}}{144\,764,59 \text{ N}} + \frac{49\,776,13 \text{ N}}{260\,576,26 \text{ N}} = 0,35 \leq 1 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 9. CÁLCULO DE PERNOS PARA PLATINA DE VIGA-VIGA Y VIGA-RODILLA

Se determina la fuerza cortante que actúa sobre los 4 pernos de 12 mm:

$$f_v = 11\,190,12 \text{ Lb} (49\,776,13 \text{ N})$$

Se calcula la fuerza cortante capaz de soportar por los 4 pernos de 12 mm:

$$F_v = 0,4 * f_{ub} * A_s = 0,4 * (800 \text{ N/mm}^2) * \left(\frac{\pi}{4} (12 \text{ mm})^2 * 4\right) = 144\,764,59 \text{ N}$$

Se determina la fuerza a tensión que actúa sobre los 4 pernos de 12 mm:

$$f_t = 5\,216,24 \text{ Lb} (23\,202,99 \text{ N})$$

Se calcula la fuerza a tensión capaz de soportar por los 4 pernos de 12 mm:

$$F_t = 0,72 * f_{ub} * A_s = 0,72 * (800 \text{ N/mm}^2) * \left(\frac{\pi}{4} (12 \text{ mm})^2 * 4\right) = 260\,576,26 \text{ N}$$

Se utiliza la ecuación de esfuerzos combinados para verificar si los 4 pernos de 12 mm resisten los esfuerzos a los que están siendo sometidos:

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_t} \leq 1 \Rightarrow \frac{49\,776,13 \text{ N}}{144\,764,59 \text{ N}} + \frac{23\,202,99 \text{ N}}{260\,576,26 \text{ N}} = 0,43 \leq 1 \text{ (SÍ CUMPLE)}$$

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 10. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

Datos de diseño:

Zapata de 1,5 m x 1,5 m

Desplante de cimentación de 1,2 m

Densidad del suelo: 1,74 tn/m<sup>2</sup>

Cohesión del suelo: 1,78 tn/m<sup>2</sup>

Ángulo de fricción interna: 18,27 °

$$q_u = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{18,27}{2} \right) e^{\pi \tan 18,27} = 5,40$$

$$N_c = (5,40 - 1) \cot 18,27 = 13,33$$

$$N_\gamma = 2(5,40 + 1) \tan 18,27 = 4,23$$

$$F_{cs} = 1 + \frac{1,5}{1,5} * \frac{5,40}{13,33} = 1,41$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{1,5}{1,5} \tan 18,27 = 1,33$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \frac{1,50}{1,50} = 0,6$$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{1,20}{1,50} = 1,32$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 18,27 * (1 - \sin 18,27)^2 * \frac{1,20}{1,50} = 1,25$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = 1$$

$$F_{qi} = 1$$

$$F_{\gamma i} = 1$$



$$q_u = 1,78 * 13,33 * 1,41 * 1,32 * 1 + 1,74 * 1,2 * 5,4 * 1,33 * 1,25 * 1 + \frac{1}{2} * 1,74 * 1,5 * 4,23 * 0,6 * 1 * 1$$

$$q_u = 66,22 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{adm} = \frac{66,22}{5} = 13,24 \text{ tn/m}^2$$

Fuente: elaboración propia.

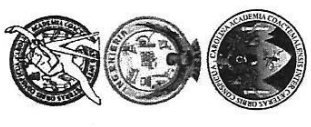




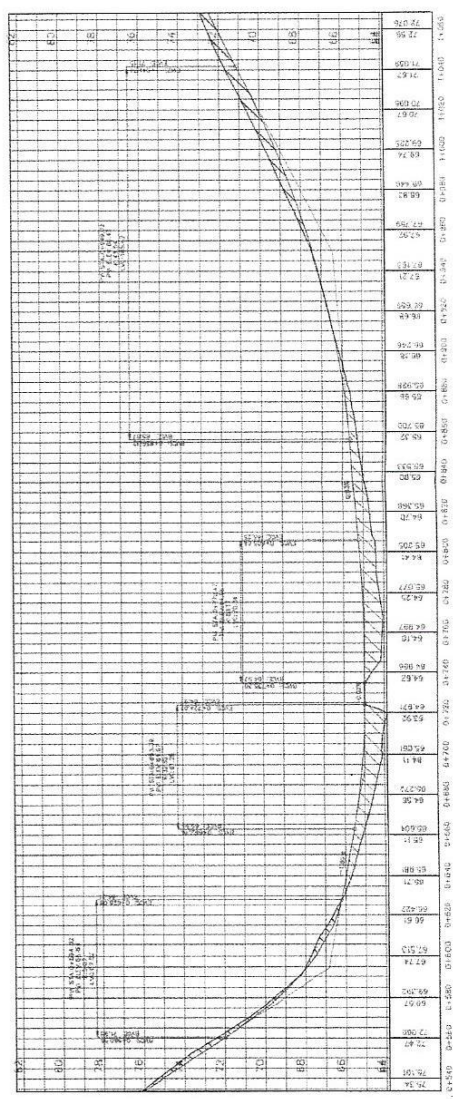
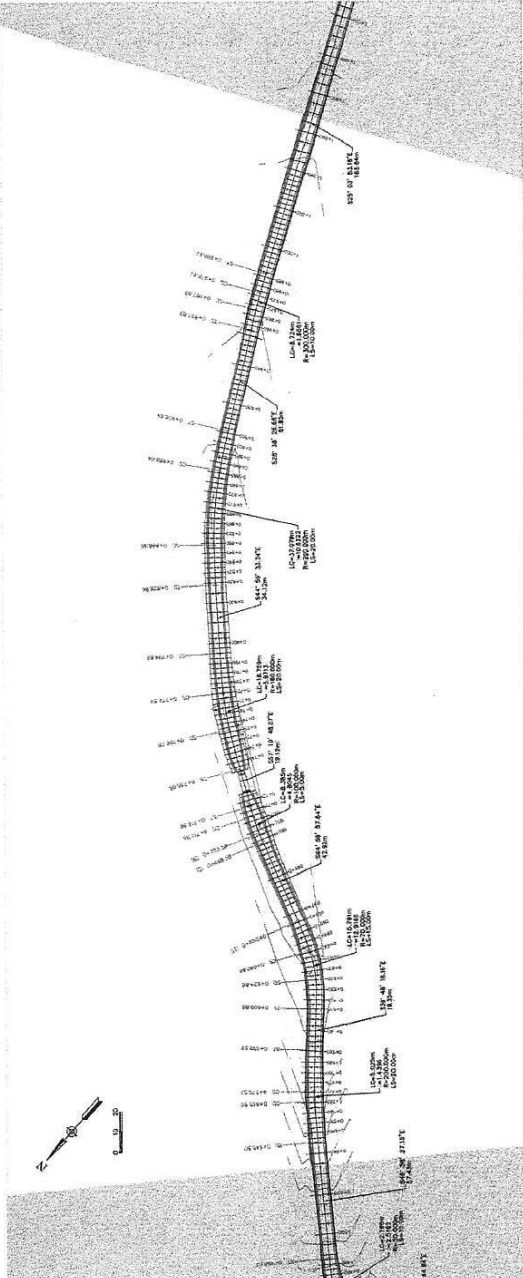
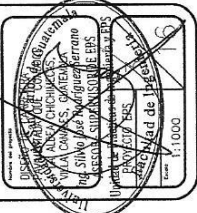
**Datos de diseño:**

- Tipo proyectado en 20
- Carretera tipo "A"
- Ancho de calzada = 5,50
- Velocidad de diseño = 30
- Radio mínimo = 30
- Resistencia a la compresión del concreto = 4 000psi
- Resistencia a la tracción del concreto = 600psi

**Nota especial:** El diseño geométrico de la carretera no debe ser alterado sin el consentimiento del diseñador, como por ejemplo con radios mínimos de curvas diferentes a los especificados en las curvas verticales. Se justifica el diseño en base a los datos de terreno, y el terreno alterado, debido a que los colindantes no están dispuestos a pagar el costo de la carretera.



Diseñado por:  
**JONATHAN A. MEJIA A.**  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Niiza, Guatemala.

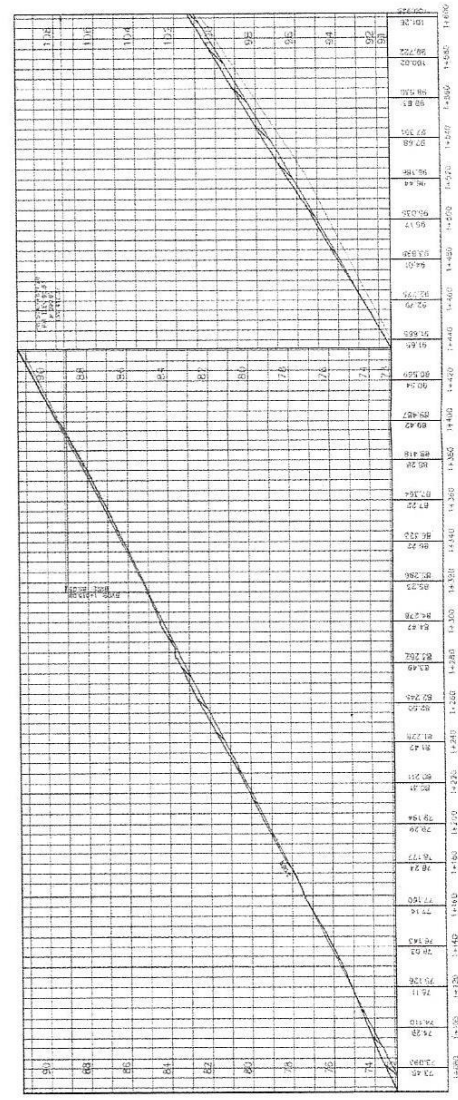
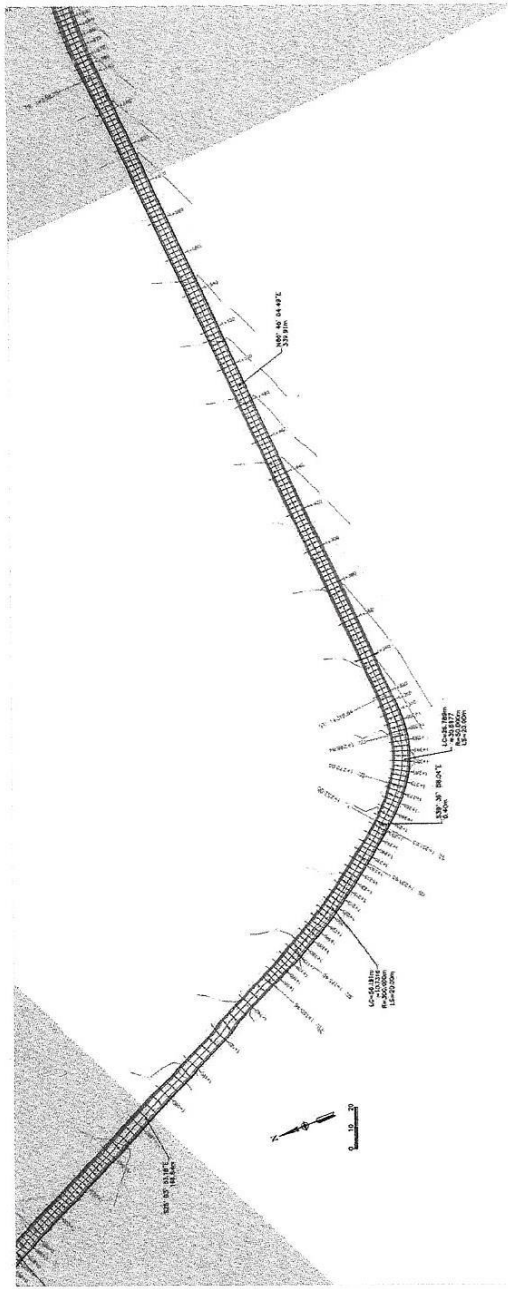
- Datos de diseño:
- TPD (proyectado en 20 años) = 100 vehículos
  - Ancho de carril = 3.00 metros
  - Ancho de calzada = 5.50 metros
  - Velocidad de diseño = 30 km/h
  - Radios mínimos = 30
  - Pendiente máxima = 12%
  - Resistencia al corte = 4.00 kg/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de ruptura del concreto = 600psi

**Note especial:** El diseño cumple con todas las normas de diseño, como por ejemplo horizontales y con longitudes específicas el diseño en base a que el camino actual se altere debido a que las precipitaciones de los terrenos interesados en crear el paso para la carretera.



Diseñador:  
**JONATHAN A. MEJIA A.**  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO DE PASADIZO PARA  
 EL CARRIL DE PASADIZO  
 EN LA CARRETERA  
 DE NIIZA, GUATEMALA  
 Ing. SINDY PATRICIA DE SÁIZ  
 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 No. 16  
 1:1000



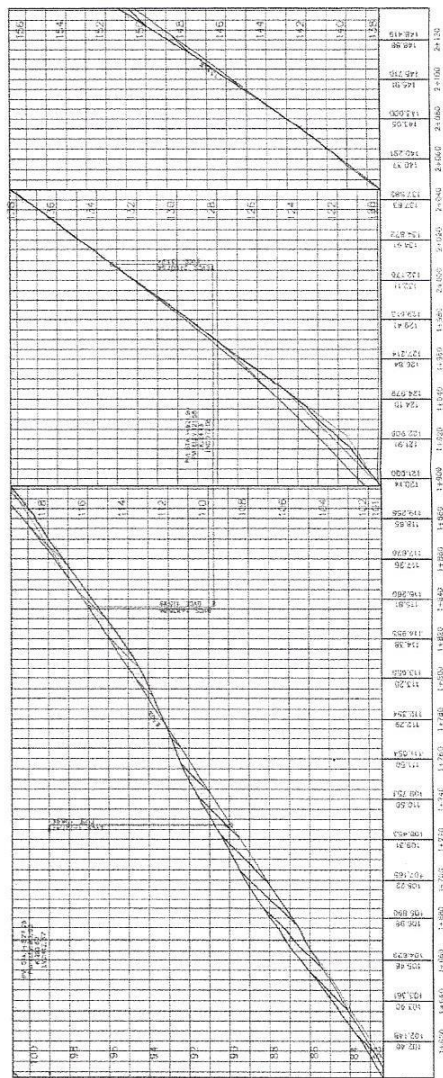
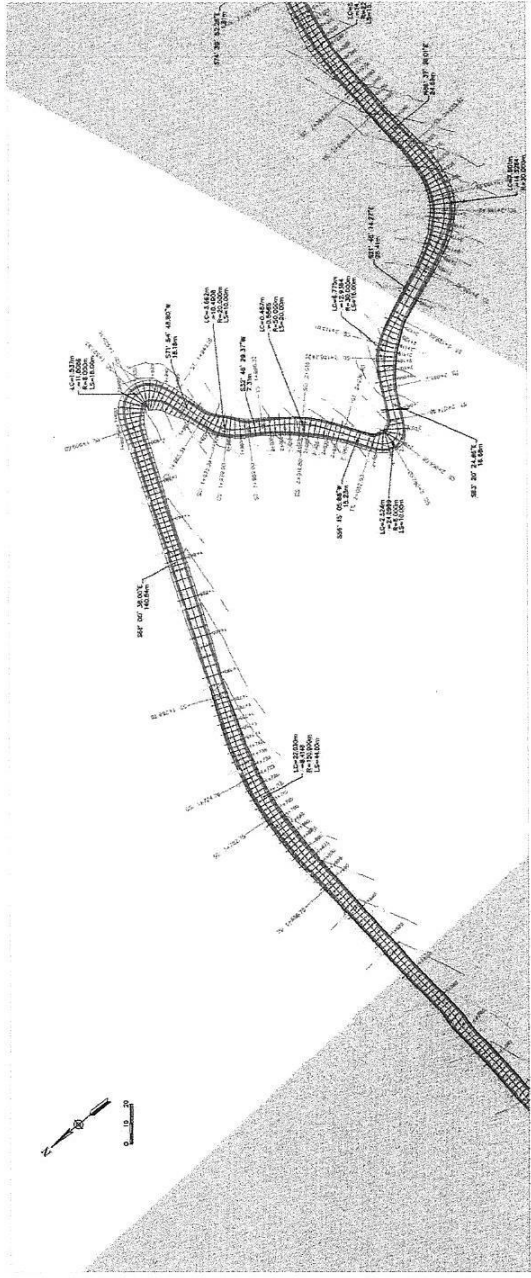
**Datos de diseño:**

- Tipo (propuesto en 20 años)
- Carretera tipo "T"
- Ancho de carril = 5,50
- Velocidad de diseño = 30
- Rozas mínimas = 30
- Resistencia a la compresión del concreto = 4,000psi
- Resistencia a la tracción del concreto = 600psi

**Nota especial:** El diseño geométrico de la carretera no se realizó considerando los datos de diseño, como por ejemplo con radios mínimos de curvas de 100 metros. Se justificó el diseño considerando que la carretera no puede ser proyectada en terrenos inclinados ya que los cerros adyacentes no están permitidos tener el paso para la carretera.



JONATHAN A. MEJIA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**Notas Generales**

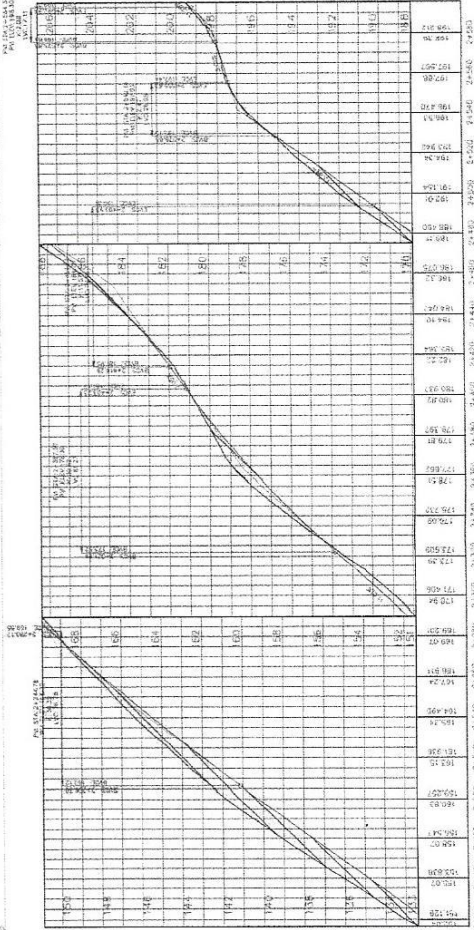
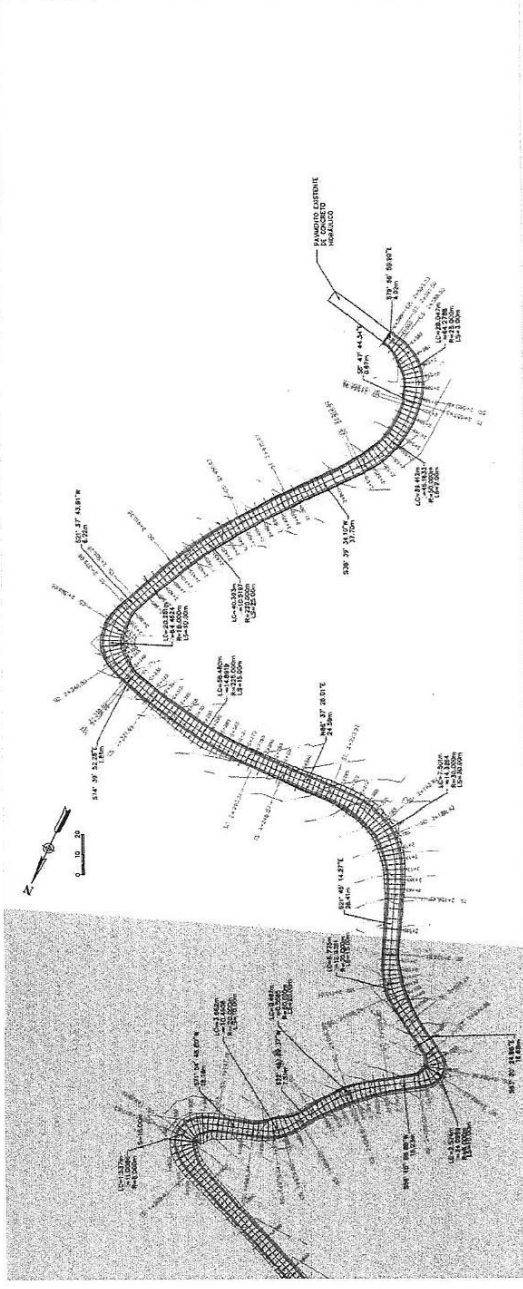
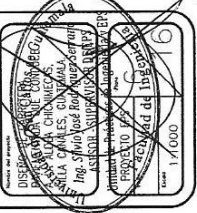
**Datos de diseño:**

- IPD (Proyectado en 20 años) = 1.0
- Carga de viento = 1.0
- Carga de nieve = 0.5
- Velocidad de diseño = 30 km/h
- Velocidad mínima = 30 km/h
- Velocidad máxima = 120 km/h
- Resistencia a la compresión del concreto = 4,000 psi
- Resistencia a la tracción del concreto = 600 psi

**Nota especial:** El diseño geométrico de la carretera no se realizó con base en el terreno real, sino que se realizó con radios mínimos de curvas con radios mínimos de curvas de 100 metros. Se justificó el diseño en base a un terreno idealizado, el terreno real no puede ser alterado debido a que los colindantes no están interesados en vender el terreno.



**JONATHAN A. MEJIA A.**  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA









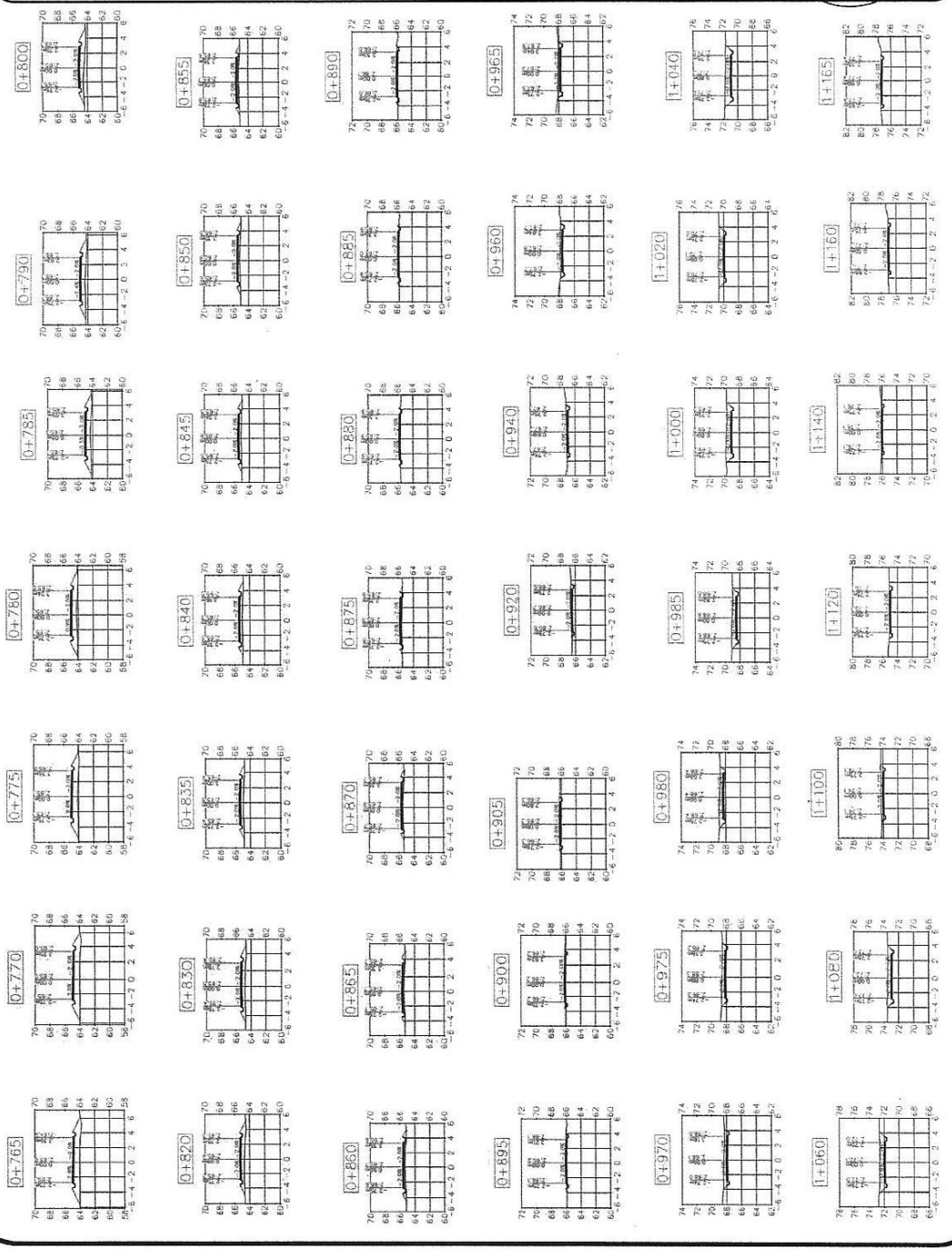
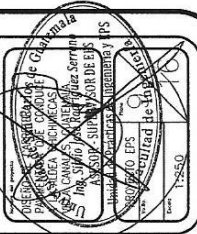
**Notas Generales**

- Datos de diseño:**
- IPD (proyectado en 20 años) = 100 vehículos
  - Criterio de diseño = 5,50 metros
  - Velocidad de diseño = 30 Km/h
  - Radios mínimos = 30 m
  - Pendiente máxima = 12%
  - Resistencia a la compresión = 200 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de ruptura del concreto = 600kgp

**Nota especial:** El diseño geométrico del carretero de diseño, como por ejemplo de curvas horizontales y horizontales con tangentes de curvas verticales. Se debe considerar que el camino actual de terracería no puede ser utilizado para el diseño de propietarios de las terrenos colindantes, no están autorizados para ser el paso para la carretera.



JONATHAN A. MEJIA A.  
ESCUOLA DE ING. CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE GUATEMALA  
CARLOS DE GUATEMALA

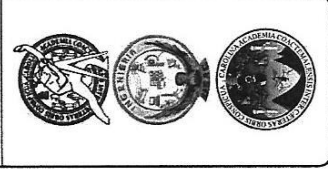


**Notas Generales**

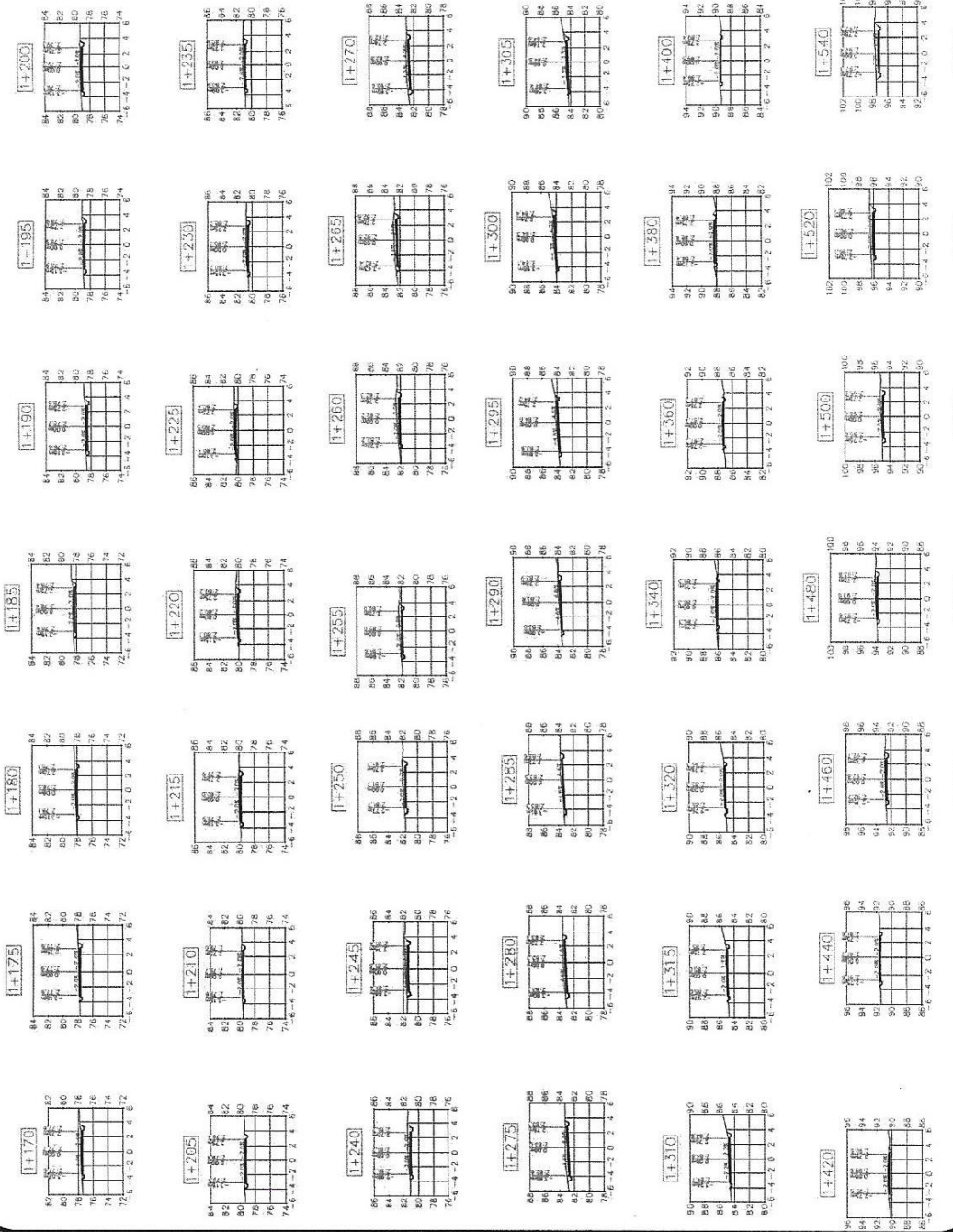
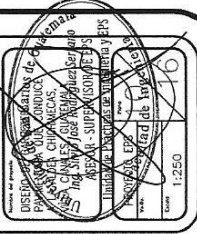
**Datos de diseño:**

- TPO (proyectado en 20 años) = 100 vehículos
- Ancho de carril = 3,50 metros
- Velocidad de diseño = 30 km/h
- Radios mínimos = 30
- Pendiente máxima = 12%
- Resistencia a la compresión = 200 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de ruptura del concreto = 600kgf

**Nota especial:** El diseño cumple con todos los normos de diseño, como por ejemplo horizontales o con tangentes y curvas verticales. Se garantiza que el camino actual de terreno que se debe preparar para ser construido puede ser apropiado de los terrenos interesados en cada el paso para la carretera.



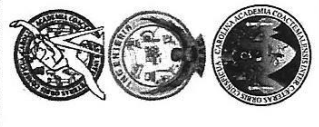
JONATHAN A. MEJIA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



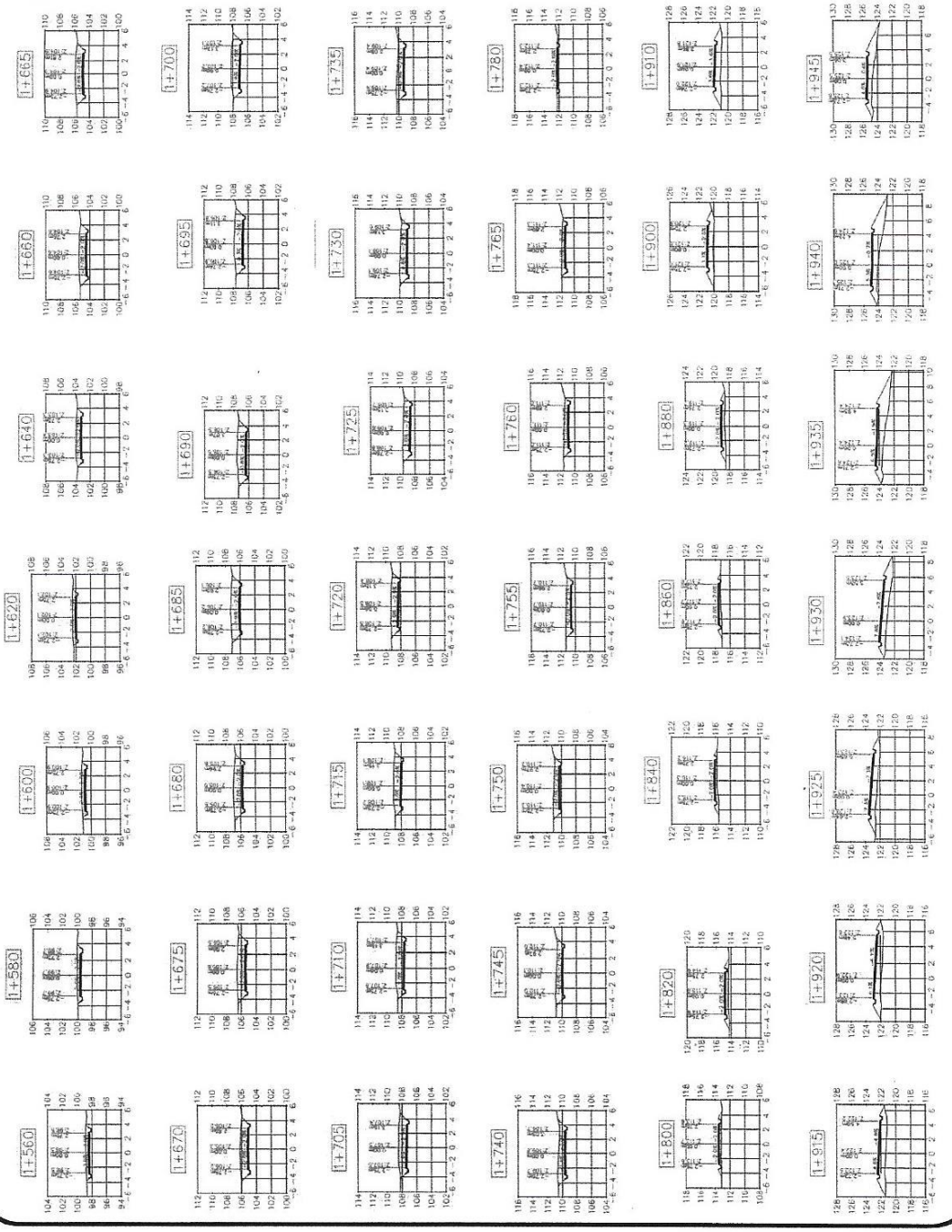
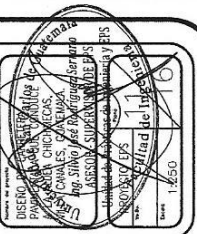
**Notas generales:**

- TPO (proyectado en 20 años) = 100 vehículos
- Carretera tipo 7
- Velocidad de diseño = 5,50 mts
- Velocidad de diseño = 30 km/h
- Rozas mínimas = 30 cm
- Resistencia mínima = 12%
- Resistencia a la compresión mínima = 200 kg/cm<sup>2</sup>
- Alzado de replazo del concreto = 600psi

**Nota especial:** El diseño geométrico de la carretera no debe ser el resultado de un diseño, como por ejemplo, el uso de curvas de nivel, sino que debe ser el resultado de un estudio de las condiciones de terreno, de las curvas verticales, de las curvas horizontales, etc., que el camino actual de terreno no puede ser apropiado para las condiciones de terreno, por lo tanto, se debe hacer el replazo de la carretera.



JONATHAN A. MEJIA A.  
ESCUOLA DE ING. CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Notas Generales

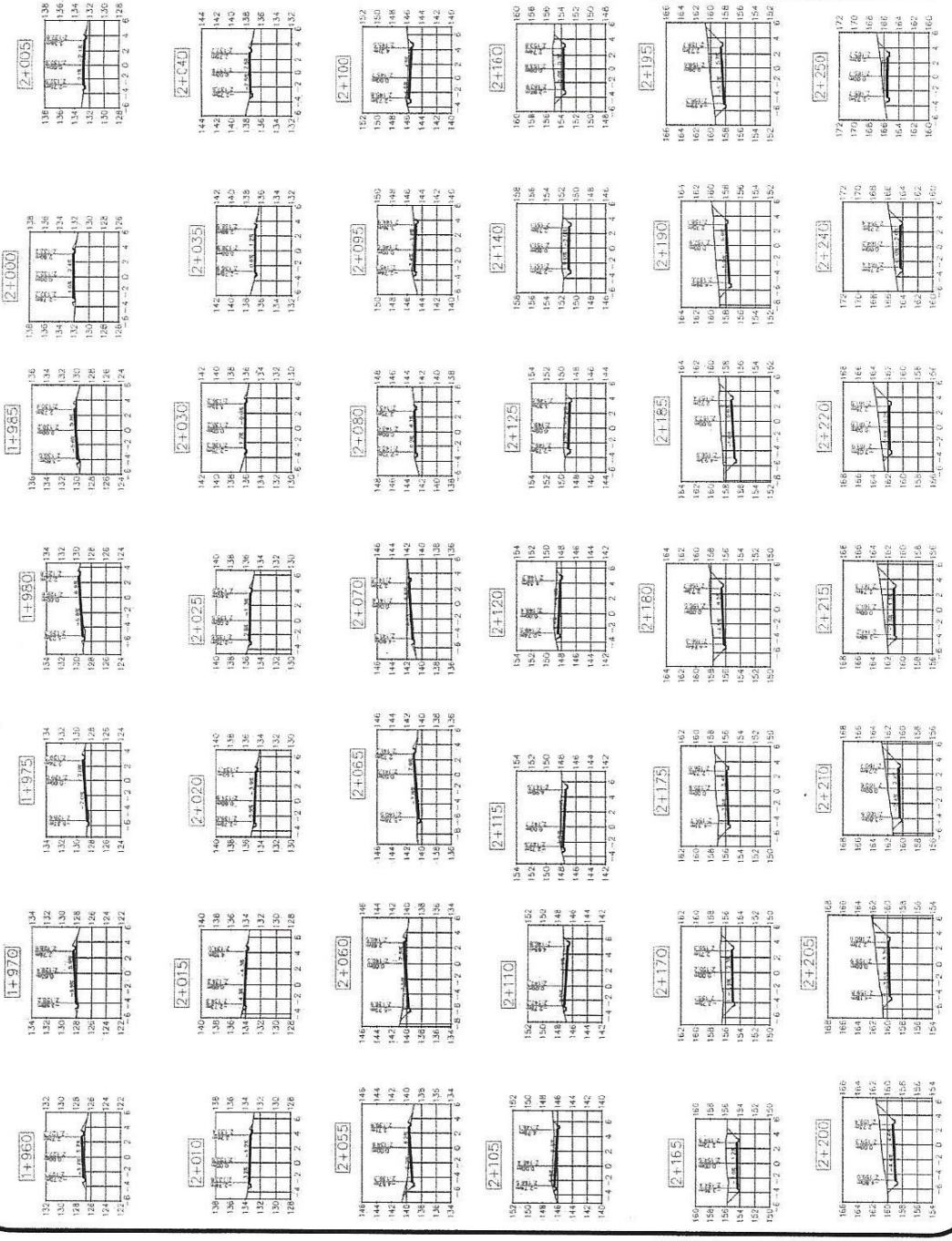
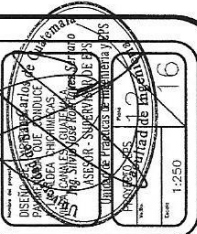
Datos de diseño:

- TPO (proyectado en 20 años) = 100 vehículos
- Carretera tipo 7
- Velocidad de diseño = 65.0 metros
- Velocidad de diseño = 30
- Ráfagas mínimas = 12%
- Pendiente máxima = 12%
- Relación de la compresión longitudinal = 1:10
- Módulo de ruptura del concreto = 600psi

**Nota especial:** El diseño geométrico de la carretera no de diseño, como por ejemplo con rampas mínimas longitudinales y curvas verticales. Se ha considerado el terreno que el camino actual de terracería ya puede ser utilizado para el diseño geométrico de las terrenos colindantes no estén en condiciones adecuadas para la carretera.



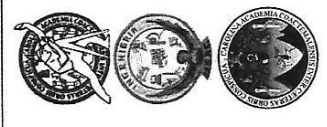
JONATHAN A. MEJIA A.  
ESQUEMA DE ING. CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



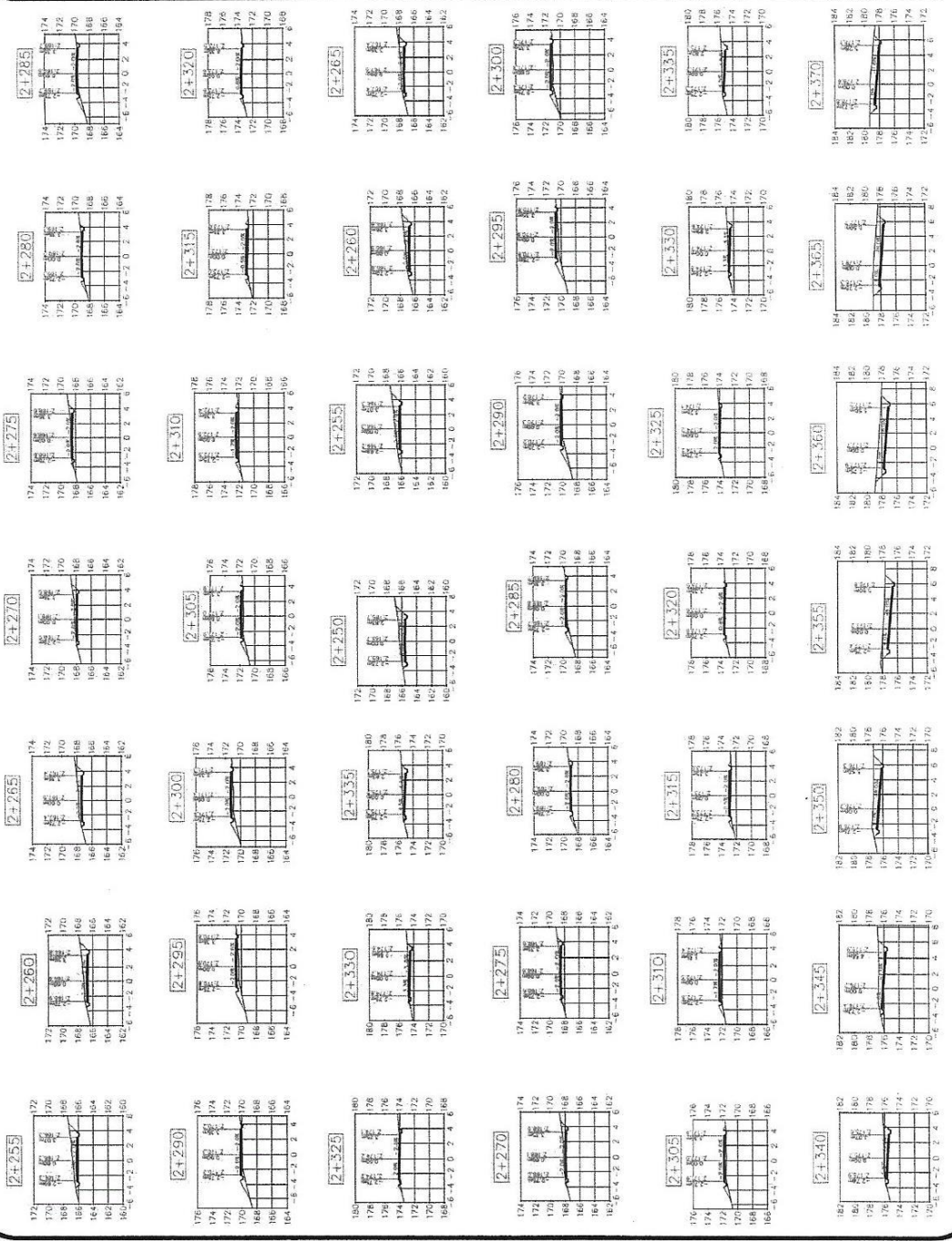
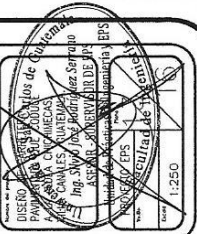
**Datos de diseño:**

- Tipo (proyectado en 20 años) = 100 vehículos
- Ancho de carril = 5,50 metros
- Velocidad de diseño = 30 km/h
- Radios mínimos = 30
- Pendiente máxima = 12%
- Resistencia a la compresión = 200 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de ruptura del concreto = 600psi

**Nota especial:** El diseño de esta obra debe cumplir con todas las normas de diseño, como por ejemplo horizontales o con longitudes de curvas de diseño, de tal manera que el camino actual de la obra no sea alterado debido a las preparatorias de los terrenos, para que se puedan interzar en el paso para la carretera.



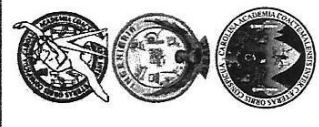
JONATHAN A. MEJIA A.  
ESCUOLA DE ING. CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GATEMULA



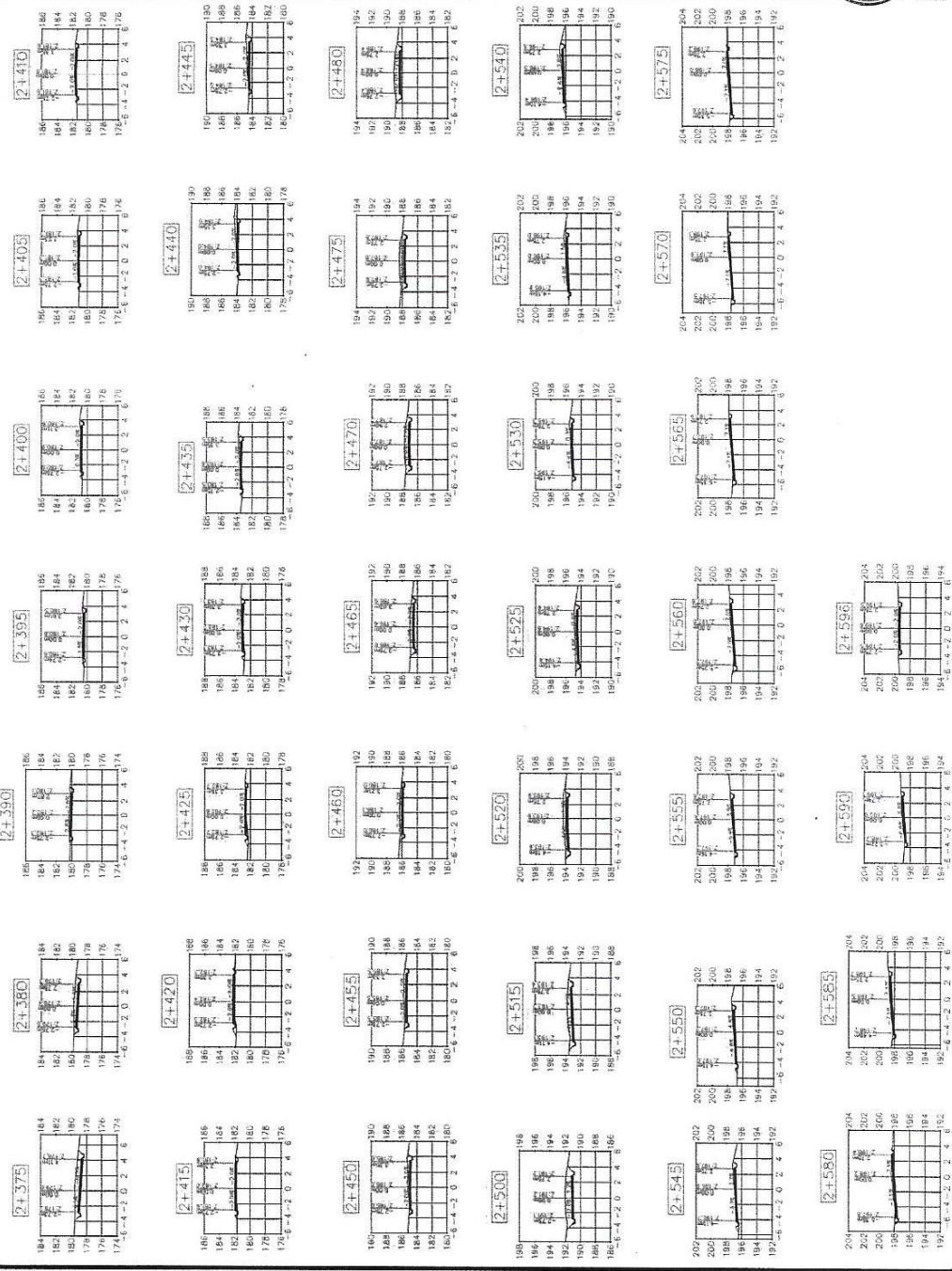
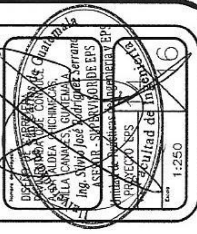
**Datos de diseño:**

- Tipo (proyectado en 20 años)
- Carretero tipo "B"
- Ancho de calzadas = 5.50 m/m
- Velocidad de diseño = 30 km/h
- Metros mínimos = 30
- Pendiente máxima = 10%
- Resistencia de la compactación del concreto = 4,000psi
- Resistencia de diseño del concreto = 6000psi

**Nota especial:** El diseño geométrico de la carretera no cumple con todos los requisitos con todas mínimas de curvas de acuerdo a las especificaciones de curvas verticales. Se justificó el diseño en base a que el terreno es muy irregular y el terracerío no pudiese ser alterado debido a que los colindantes no están interesados en ceder el paso para la carretera.



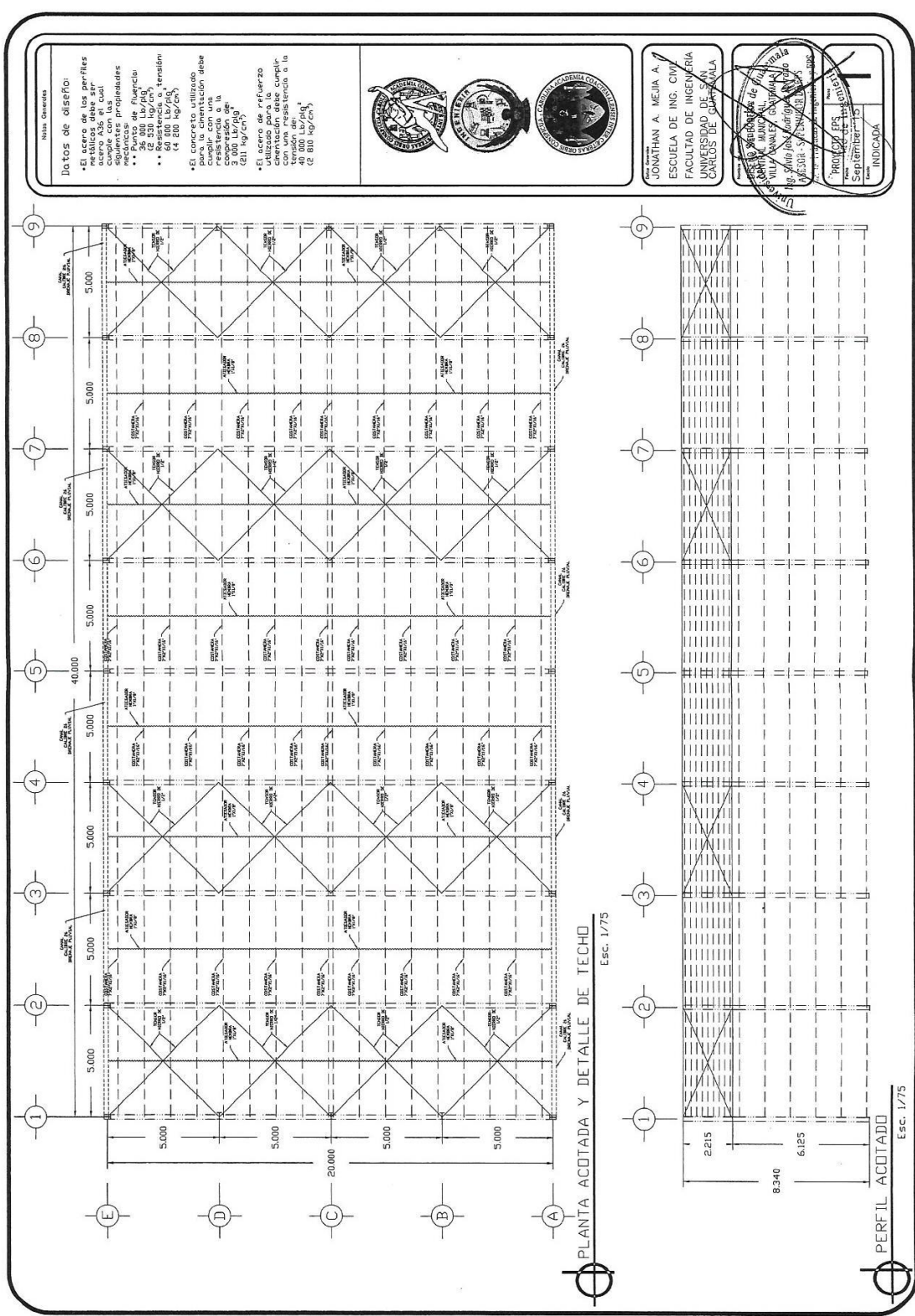
JONATHAN A. MEJIA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE GUATEMALA  
 CARLOS DE GUATEMALA











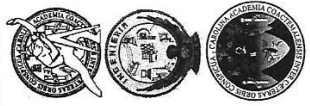
Notas Generales

**Datos de diseño:**

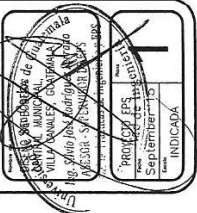
- El acero de los perfiles cumple con las propiedades mecánicas requeridas.
- $f_y = 35,000 \text{ kg/cm}^2$  ( $\approx 530 \text{ kg/cm}^2$ )
- $f_u = 50,000 \text{ kg/cm}^2$  ( $\approx 700 \text{ kg/cm}^2$ )
- Resistencia a la tracción:  $4,200 \text{ kg/cm}^2$  ( $\approx 580 \text{ lb/pulg}^2$ )
- Resistencia a la compresión:  $3,000 \text{ kg/cm}^2$  ( $\approx 410 \text{ lb/pulg}^2$ )

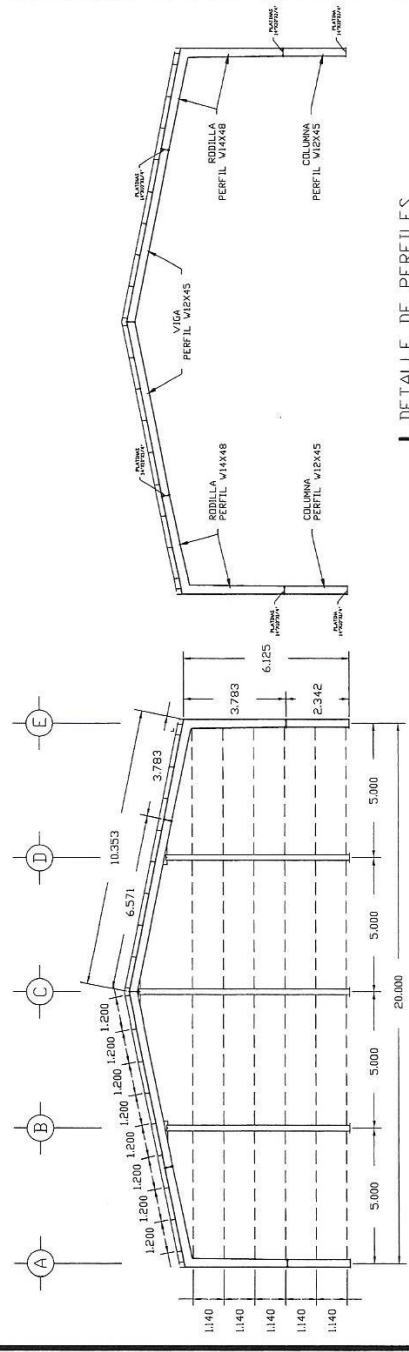
• El concreto utilizado cumple con la resistencia a la tracción:  $3,000 \text{ kg/cm}^2$  ( $\approx 41 \text{ kg/cm}^2$ )

• El acero de refuerzo diseñado cumple con una resistencia a la tracción:  $40,000 \text{ lb/pulg}^2$  ( $\approx 810 \text{ kg/cm}^2$ )



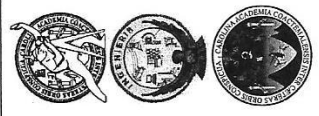
JONATHAN A. MEJÍA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



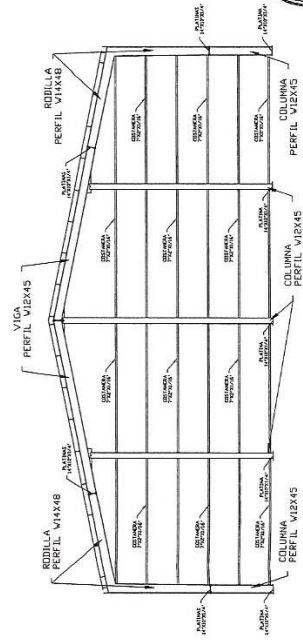
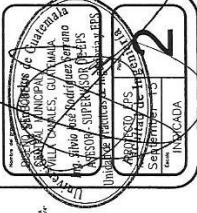


DETALLE GENERAL DE MARCO ACOTADO  
 Esc. 1/75

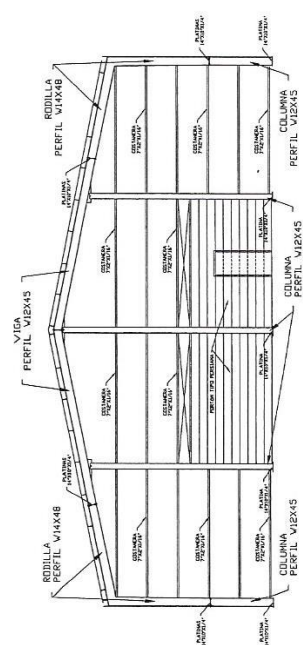
Datos de diseño:  
 • El acero de los perfiles metálicos debe ser acero A36 el cual cumple con las siguientes propiedades mecánicas de fluencia:  
 • 36 000 Lb/pulg.<sup>2</sup>  
 • 25 000 kg/cm<sup>2</sup>  
 • Resistencia a tensión:  
 • 58 000 Lb/pulg.<sup>2</sup>  
 • 41 000 kg/cm<sup>2</sup>  
 • El concreto utilizado en la construcción debe cumplir con una resistencia a la compresión de 3 000 Lb/pulg.<sup>2</sup> (211 kg/cm<sup>2</sup>).  
 • El acero de refuerzo con una resistencia a la tracción debe cumplir con una resistencia a la tracción de 40 000 Lb/pulg.<sup>2</sup> (2 810 kg/cm<sup>2</sup>).



JONATHAN A. MEJIA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

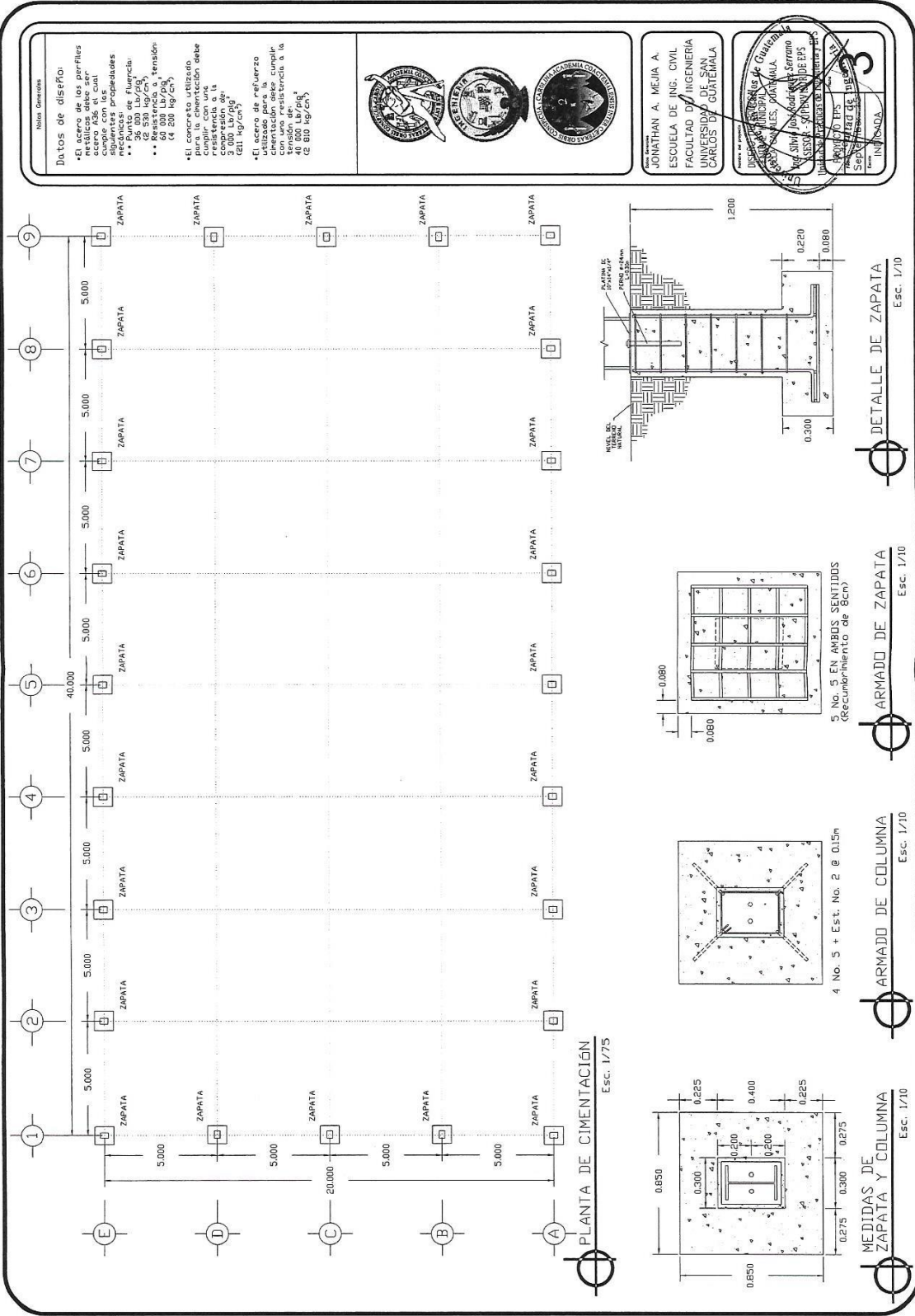


DETALLE DE PERFILES MARCOS #2 AL #8  
 Esc. 1/75



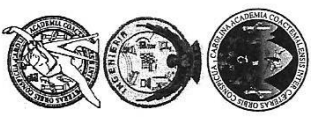
DETALLE DE PERFILES MARCO #1  
 Esc. 1/75

DETALLE DE PERFILES MARCO #9  
 Esc. 1/75



**Datos de diseño:**

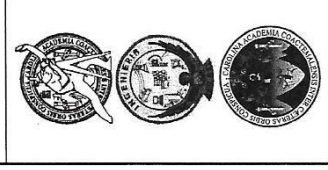
- El acero de los perfiles metálicos debe ser de tipo A-36, con un límite de fluencia que cumpla con los siguientes requerimientos:
- Punto de fluencia: 48 000 Lb/Plg<sup>2</sup> (32 000 kg/cm<sup>2</sup>)
- Resistencia a tensión: 64 000 Lb/Plg<sup>2</sup> (42 000 kg/cm<sup>2</sup>)
- El concreto utilizado para la cimentación debe cumplir con una resistencia a compresión de 3 000 Lb/Plg<sup>2</sup> (210 kg/cm<sup>2</sup>)
- El acero de refuerzo utilizado para la cimentación debe cumplir con los siguientes requerimientos a la tensión de 48 000 Lb/Plg<sup>2</sup> (32 000 kg/cm<sup>2</sup>)



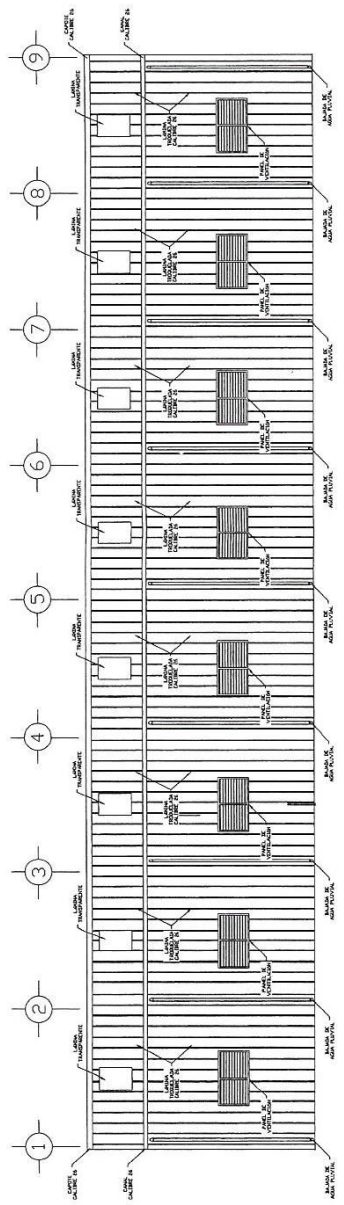
Autor: JONATHAN A. MEJIA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE GUATEMALA  
 INSTITUTO NACIONAL DE GUATEMALA  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS  
 INSTITUTO NACIONAL DE SERVICIOS Y SISTEMAS DE EPS  
 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD  
 INSTITUTO NACIONAL DE TIPOGRAFIA Y PUBLICACIONES  
 INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**Datos de diseño**

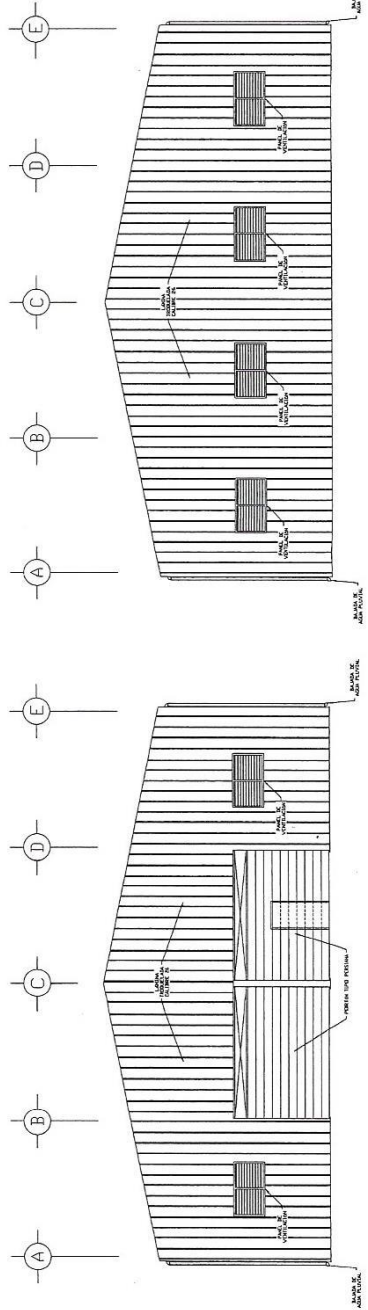
- El acero de los perfiles metálicos deberá cumplir con las especificaciones apropiadas
- Punto de fluencia (2 520 kg/cm<sup>2</sup>)
- Resistencia a tensión (4 200 kg/cm<sup>2</sup>)
- El concreto utilizado para la cimentación debe cumplir con la consistencia y la compresión de (21) kg/cm<sup>2</sup>
- El acero de refuerzo utilizado para la cimentación debe cumplir con la resistencia a la tensión de (21) kg/cm<sup>2</sup>



JONATHAN A. MEJIA A.  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



DETALLE DE FORRO LATERAL, VENTILACIÓN Y BAJADAS DE AGUA PLUVIAL (EJE 'A' Y 'E')  
 Esc. 1/75

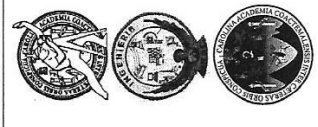


DETALLE DE FORRO, VENTILACIÓN Y BAJADAS DE AGUA PLUVIAL PARA MARCO #1  
 Esc. 1/75

DETALLE DE FORRO, VENTILACIÓN Y BAJADAS DE AGUA PLUVIAL PARA MARCO #9  
 Esc. 1/75

**Datos de diseño:**

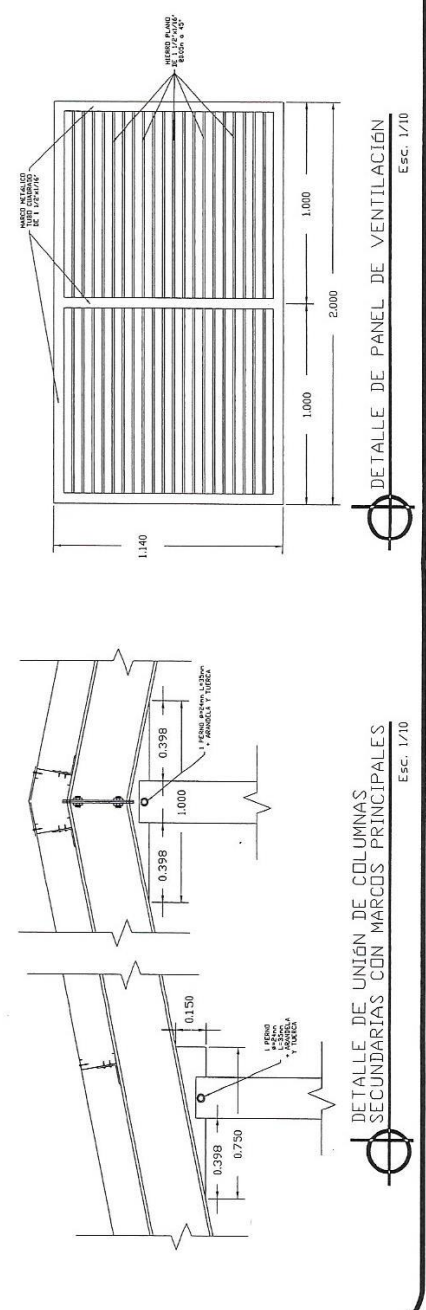
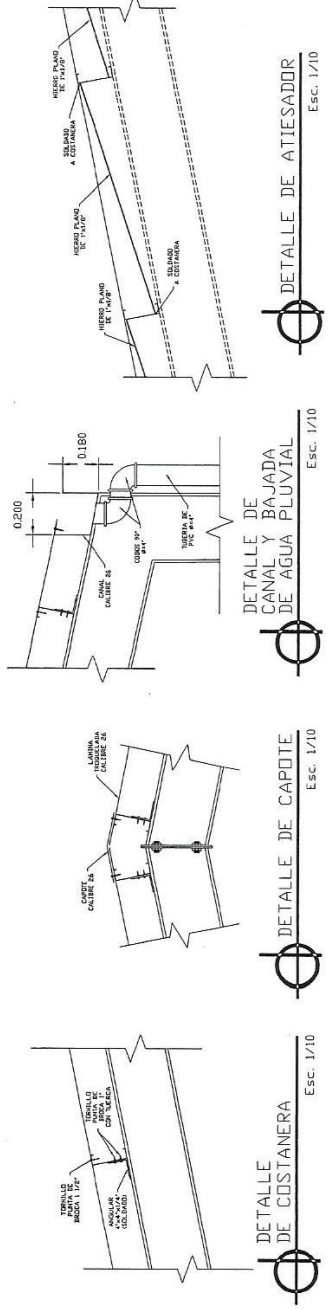
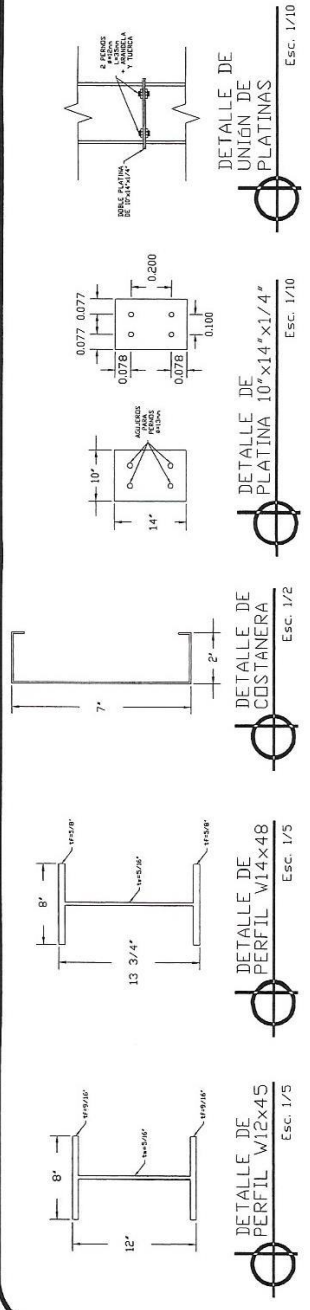
- El acero de los perfiles nestados debe ser compatible con el concreto y cumplir con los requisitos propuestos
- Punto de fluencia: (2 530 kg/cm<sup>2</sup>)
- Resistencia a tensión: (4 200 kg/cm<sup>2</sup>)
- El concreto utilizado para la concreción debe tener una resistencia a la compresión de (21 kg/cm<sup>2</sup>)
- El acero de refuerzo utilizado para la concreción debe tener una resistencia a la tensión de (2 800 kg/cm<sup>2</sup>)



Nombre del autor:  
**JONATHAN A. MEJIA A.**  
 ESCUELA DE ING. CIVIL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 Fecha de entrega:  
 2018

Nombre del profesor:  
**Ing. Ciro José Rodríguez Serrano**  
 ASesor, SUPERVISOR DE EPS  
 UNIDAD DE PLANIFICACION Y SUPERVISION DE EPS  
 S. de T. y C. de la U.S.C. de Guatemala

Nombre del curso:  
**INDICADA**



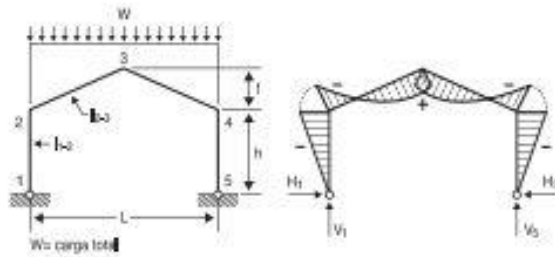
## **ANEXOS**





## ANEXO 1. DIAGRAMAS DE CARGA AHMSA

Carga vertical uniformemente repartida sobre toda la viga.



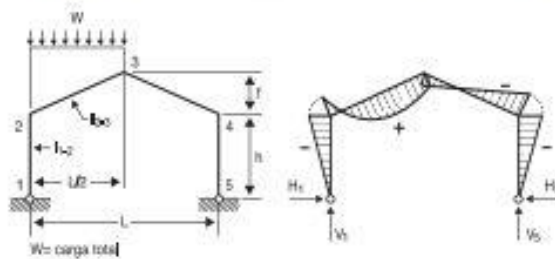
$$H_1 = H_5 = \frac{WL}{8Ah} (2+B+\psi)$$

$$V_1 = V_5 = \frac{W}{2}$$

$$M_2 = M_4 = -Hsh$$

$$M_3 = \frac{WL}{8} - Hsh (1+\psi)$$

Carga vertical uniformemente repartida sobre un miembro inclinado.



$$K = 2+\psi$$

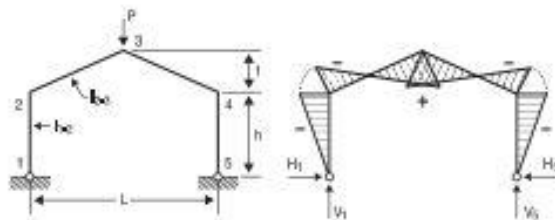
$$H_1 = H_5 = \frac{WL}{8Ah} (B+K)$$

$$V_1 = \frac{3W}{4} \quad V_5 = \frac{W}{4}$$

$$M_2 = M_4 = -Hsh$$

$$M_3 = \frac{WL}{8} - Hsh (1+\psi)$$

Carga vertical concentrada sobre la junta 3.



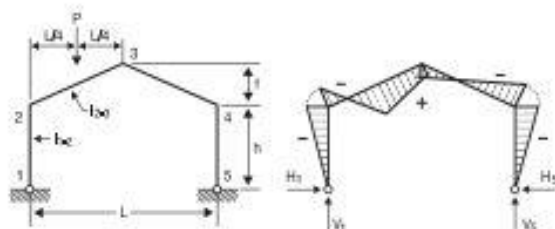
$$H_1 = H_5 = \frac{PLB}{4Ah}$$

$$V_1 = V_5 = \frac{P}{2}$$

$$M_2 = M_4 = -Hsh$$

$$M_3 = \frac{PL}{4} - Hsh (1+\psi)$$

Carga vertical concentrada sobre el punto de un miembro inclinado.



$$K = 3(2+\psi)$$

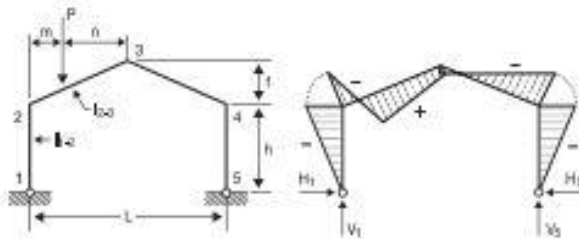
$$H_1 = H_5 = \frac{PL(2B+K)}{16Ah}$$

$$V_1 = \frac{3P}{4} \quad V_5 = \frac{P}{4}$$

$$M_2 = M_4 = -Hsh$$

$$M_3 = \frac{PL}{8} - Hsh (1+\psi)$$

Carga vertical concentrada sobre cualquier punto de un miembro inclinado.



$$G = \frac{L+2m}{L+2n} \quad J = \frac{8mn(L+2n)}{L^2}$$

$$K = J(1+G+G\psi)$$

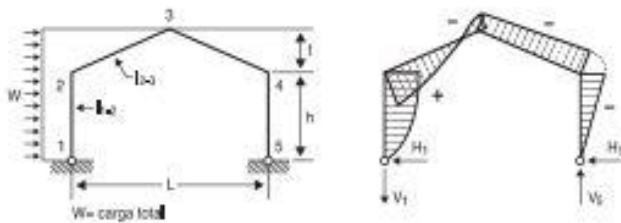
$$H_1 = H_5 = \frac{P}{4Ah}(2Bm+KL)$$

$$V_1 = P\left(1 - \frac{m}{L}\right) \quad V_5 = \frac{Pm}{L}$$

$$M_2 = M_4 = -H_1h$$

$$M_3 = \frac{Pm}{2} - H_1h(1+\psi)$$

Carga horizontal uniformemente repartida sobre la mitad izquierda de la estructura.



$$m = \frac{h}{h+f} \quad n = 1-m$$

$$G = 1 + \frac{\psi}{2} \quad K = A+B+C+2G\psi$$

$$H_5 = \frac{W}{4A} \left[ Kn + m \left( B + C + \frac{1}{\phi} \right) \right]$$

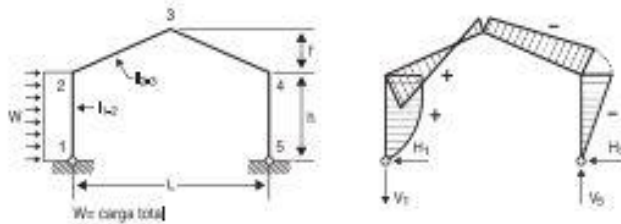
$$H_1 = -(W - H_5)$$

$$V_5 = \frac{Wh}{2L}(1+n+n\psi) \quad V_1 = -V_5$$

$$M_2 = \frac{Wh}{2}(1+n) - H_1h \quad M_4 = -H_1h$$

$$M_3 = \frac{Wh}{4}(1+n+n\psi) - H_1h(1+\psi)$$

Carga horizontal uniformemente repartida sobre una columna.



$$H_5 = \frac{W}{4A\phi} [1 + \phi(B+C)]$$

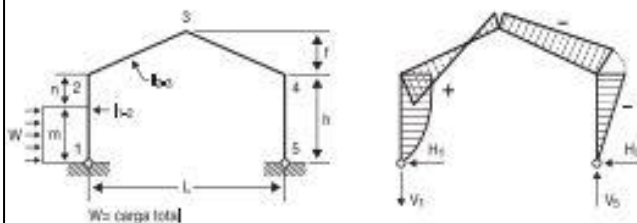
$$H_1 = -(W - H_5)$$

$$V_5 = \frac{Wh}{2L} \quad V_1 = -V_5$$

$$M_2 = \frac{Wh}{2} - H_1h \quad M_4 = -H_1h$$

$$M_3 = \frac{Wh}{4} - H_1h(1+\psi)$$

Carga horizontal uniformemente repartida sobre parte de una columna.



$$g = \frac{m}{h} \quad J = \frac{g(2-g^2)}{2\phi}$$

$$K = 2Jh + m(B+C)$$

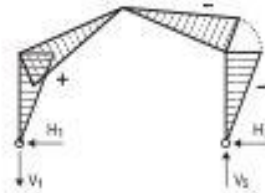
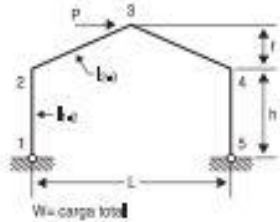
$$H_5 = \frac{Wg}{4Ah} \quad H_1 = -(W - H_5)$$

$$V_5 = \frac{Wm}{2L} \quad V_1 = -V_5$$

$$M_2 = \frac{Wm}{2} - H_1h \quad M_4 = -H_1h$$

$$M_3 = \frac{Wm}{4} - H_1h(1+\psi)$$

Carga horizontal concentrada sobre la junta 3.

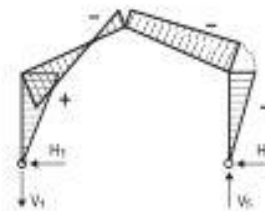
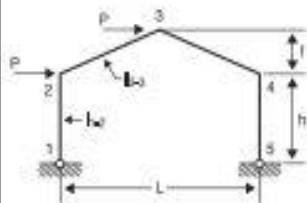


$$H_1 = \frac{P}{2} \quad H_5 = \frac{P}{2}$$

$$V_5 = \frac{Ph}{L}(1+\psi) \quad V_1 = -V_5$$

$$M_2 = \frac{Ph}{2} \quad M_3 = 0 \quad M_4 = -\frac{Ph}{2}$$

Carga horizontal concentrada en la junta 2.



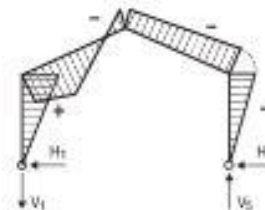
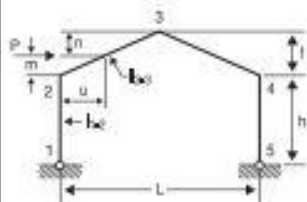
$$H_5 = \frac{P(B+C)}{2A} \quad H_1 = -(P-H_5)$$

$$V_1 = -\frac{Ph}{L} \quad V_5 = \frac{Ph}{L}$$

$$M_2 = h(P-H_5)$$

$$M_3 = \frac{Ph}{2} - H_5h(1+\psi) \quad M_4 = -H_5h$$

Carga horizontal concentrada sobre cualquier punto de un miembro inclinado.



$$G = \frac{f+m}{f+n} \quad J = \frac{2mn(f+n)}{f^2}$$

$$K = J\psi(1+G+G\psi) + \frac{Bm\psi}{f}$$

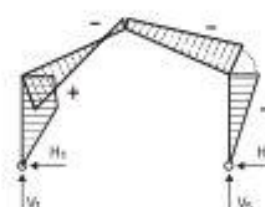
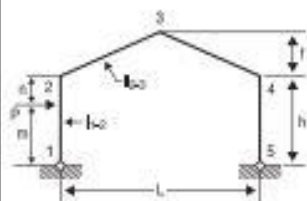
$$H_5 = \frac{P}{2A}(B+C+K) \quad H_1 = -(P-H_5)$$

$$V_5 = \frac{Ph}{L} \left(1 + \frac{m\psi}{f}\right) \quad V_1 = -V_5$$

$$M_2 = h(P-H_5)$$

$$M_3 = \frac{V_5 L}{2} - H_5h(1+\psi) \quad M_4 = -H_5h$$

Carga horizontal concentrada sobre cualquier punto de una columna.



$$G = \frac{m}{h} \quad J = 2g(1-g^2)$$

$$K = g(B+C) + \frac{J}{\phi}$$

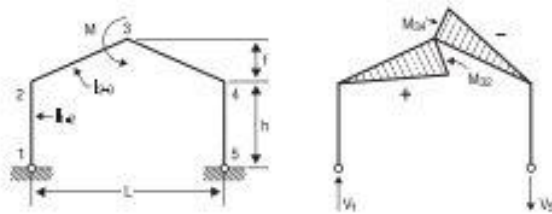
$$H_5 = \frac{PK}{2A} \quad H_1 = -(P-H_5)$$

$$V_5 = \frac{Pm}{L} \quad V_1 = -V_5$$

$$M_2 = Pm - H_5h \quad M_4 = -H_5h$$

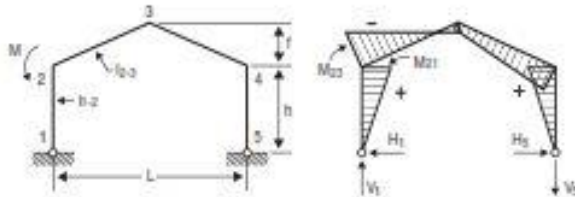
$$M_3 = \frac{Pm}{2} - H_5h(1+\psi)$$

Momento aplicado en la junta 3.



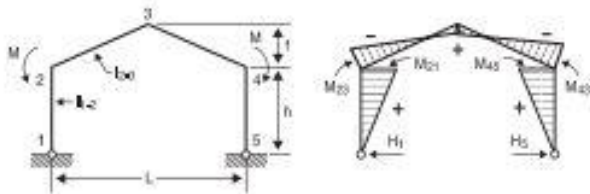
$$\begin{aligned}
 H_1 = H_2 = 0 \\
 V_1 = \frac{M}{L} \quad V_5 = -\frac{M}{L} \\
 M_2 = M_4 = 0 \\
 M_{32} = \frac{M}{2} \quad M_{34} = -\frac{M}{2}
 \end{aligned}$$

Momento aplicado en la junta 2.



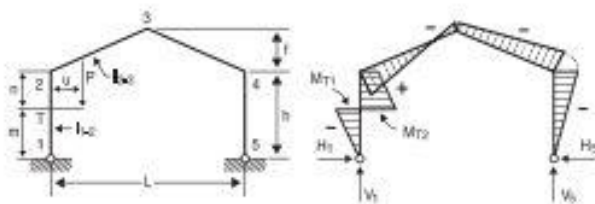
$$\begin{aligned}
 H_1 = H_2 = -\frac{M}{2Ah} (6+B+2\psi) \\
 V_1 = \frac{M}{L} \quad V_5 = -\frac{M}{L} \\
 M_{21} = M_4 = -Hsh \\
 M_{23} = -(M - M_{21}) \\
 M_3 = -\frac{M}{2} - Hsh (1+\psi)
 \end{aligned}$$

Dos momentos iguales aplicados en las juntas 2 y 4.



$$\begin{aligned}
 H_1 = H_2 = -\frac{M}{Ah} (6+B+2\psi) \\
 V_1 = V_5 = 0 \\
 M_{21} = M_{45} = -Hsh \\
 M_{23} = M_{43} = -(M - M_{21}) \\
 M_3 = -M - Hsh (1+\psi)
 \end{aligned}$$

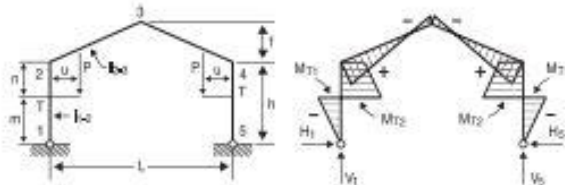
Carga vertical concentrada sobre la ménsula.



$$\begin{aligned}
 M = Pu \\
 J = \frac{2(h^2 - 3m^2)}{h^2\phi} \quad K = B + C + J \\
 H_1 = H_2 = \frac{MK}{2Ah} \\
 V_5 = \frac{M}{L} \quad V_1 = P - \frac{M}{L} \\
 M_2 = M - Hsh \quad M_4 = -Hsh \\
 M_3 = \frac{M}{2} - Hsh (1+\psi)
 \end{aligned}$$

La ménsula actúa como simple voladizo y su momento máximo es  $Pu$  en el punto T. El diagrama de momentos del voladizo no se presenta intencionalmente para que el diagrama de momentos de flexión de la estructura quede ilustrado con más claridad.

Dos cargas verticales concentradas e iguales aplicadas simétricamente sobre las ménsulas.



$$M = Pu$$

$$J = \frac{2(h^2 - 3m^2)}{h^2\psi} \quad K = B + C + J$$

$$H_1 = H_5 = \frac{MK}{Ah}$$

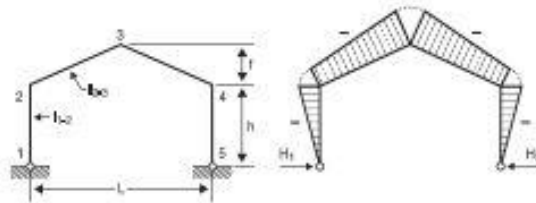
$$V_1 = V_5 = P$$

$$M_2 = M_4 = M - H_1h$$

$$M_3 = M - H_1h\psi (1 + \psi)$$

Las ménsulas actúan como simples voladizos con los momentos máximos de  $Pu$  en los puntos T. Los diagramas de momentos de estos voladizos no se presentan intencionalmente, para que el diagrama de momentos de flexión de la estructura quede ilustrado más claramente.

6-30. Efectos de la variación de la temperatura.  $t^\circ$  para toda la estructura.



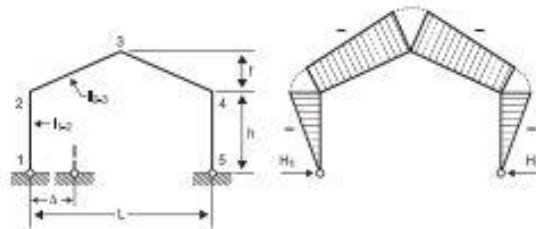
$$H_1 = H_5 = \frac{6L\alpha t^\circ}{Ah^2\psi} E I_2$$

$$V_1 = V_5 = 0$$

$$M_2 = M_4 = -H_1h$$

$$M_3 = -H_1h (1 + \psi)$$

Desplazamiento horizontal de un apoyo.



$$H_1 = H_5 = \frac{6\Delta}{Ah^2\psi} E I_2$$

$$V_1 = V_5 = 0$$

$$M_2 = M_4 = -H_1h$$

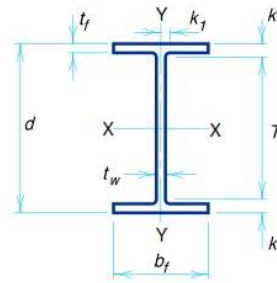
$$M_3 = -H_1h (1 + \psi)$$

Nota: Si la dirección del desplazamiento de la estructura es opuesta a la del diagrama, se introduce el valor  $\Delta$  con signo negativo.

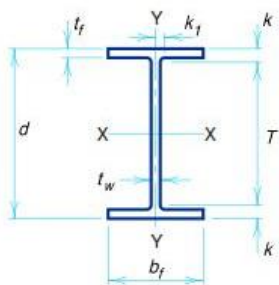
## ANEXO 2. PROPIEDADES DE ALGUNOS PERFILES W

Designation	Area <i>A</i> in. <sup>2</sup>	Depth <i>d</i> in.	Web				Flange				Distance		
			Thickness <i>t<sub>w</sub></i> in.		$\frac{t_w}{2}$ in.		Width <i>b<sub>f</sub></i> in.		Thickness <i>t<sub>f</sub></i> in.		<i>T</i> in.	<i>k</i> in.	<i>k<sub>1</sub></i> in.
			in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	
W14×132 ×120 ×109 ×99 ×90	38.8	14.66	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.645	5/8	5/16	14.725	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.030	1	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
	35.3	14.48	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.590	9/16	5/16	14.670	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.940	15/16	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
	32.0	14.32	14 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.525	1/2	1/4	14.605	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.860	7/8	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	19/16	7/8
	29.1	14.16	14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.485	1/2	1/4	14.565	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.780	3/4	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	17/16	7/8
	26.5	14.02	14	0.440	7/16	1/4	14.520	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.710	11/16	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	7/8
W14×82 ×74 ×68 ×61	24.1	14.31	14 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.510	1/2	1/4	10.130	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.855	7/8	11	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1
	21.8	14.17	14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.450	7/16	1/4	10.070	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.785	13/16	11	1 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
	20.0	14.04	14	0.415	7/16	1/4	10.035	10	0.720	3/4	11	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
	17.9	13.89	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.375	3/8	3/16	9.995	10	0.645	5/8	11	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
W14×53 ×48 ×43	15.6	13.92	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.370	3/8	3/16	8.060	8	0.660	11/16	11	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
	14.1	13.79	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.340	5/16	3/16	8.030	8	0.595	5/8	11	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	7/8
	12.6	13.66	13 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.305	5/16	3/16	7.995	8	0.530	1/2	11	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	7/8
W14×38 ×34 ×30	11.2	14.10	14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.310	5/16	3/16	6.770	6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.515	1/2	12	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	5/8
	10.0	13.98	14	0.285	5/16	3/16	6.745	6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.455	7/16	12	1	5/8
	8.85	13.84	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.270	1/4	1/8	6.730	6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.385	3/8	12	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	5/8
W14×26 ×22	7.69	13.91	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.255	1/4	1/8	5.025	5	0.420	7/16	12	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	9/16
	6.49	13.74	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.230	1/4	1/8	5.000	5	0.335	5/16	12	7/8	9/16

## W SHAPES Properties



Nom- inal Wt. per ft	Compact Section Criteria			$X_1$	$X_2 \times 10^6$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
						Axis X-X			Axis Y-Y			$Z_x$	$Z_y$
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{h}{t_w}$	$F_y'''$			$I$	$S$	$r$	$I$	$S$	$r$		
	ksi	ksi	(1/ksi) <sup>2</sup>			in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>
132	7.1	17.7	—	4180	428	1530	209	6.28	548	74.5	3.76	234	113
120	7.8	19.3	—	3830	601	1380	190	6.24	495	67.5	3.74	212	102
109	8.5	21.7	—	3490	853	1240	173	6.22	447	61.2	3.73	192	92.7
99	9.3	23.5	—	3190	1220	1110	157	6.17	402	55.2	3.71	173	83.6
90	10.2	25.9	—	2900	1750	999	143	6.14	362	49.9	3.70	157	75.6
82	5.9	22.4	—	3600	846	882	123	6.05	148	29.3	2.48	139	44.8
74	6.4	25.3	—	3290	1190	796	112	6.04	134	26.6	2.48	126	40.6
68	7.0	27.5	—	3020	1650	723	103	6.01	121	24.2	2.46	115	36.9
61	7.7	30.4	—	2720	2460	640	92.2	5.98	107	21.5	2.45	102	32.8
53	6.1	30.8	—	2830	2250	541	77.8	5.89	57.7	14.3	1.92	87.1	22.0
48	6.7	33.5	57	2580	3220	485	70.3	5.85	51.4	12.8	1.91	78.4	19.6
43	7.5	37.4	46	2320	4900	428	62.7	5.82	45.2	11.3	1.89	69.6	17.3
38	6.6	39.6	41	2190	6850	385	54.6	5.87	26.7	7.88	1.55	61.5	12.1
34	7.4	43.1	35	1970	10600	340	48.6	5.83	23.3	6.91	1.53	54.6	10.6
30	8.7	45.4	31	1750	17600	291	42.0	5.73	19.6	5.82	1.49	47.3	8.99
26	6.0	48.1	28	1890	13900	245	35.3	5.65	8.91	3.54	1.08	40.2	5.54
22	7.5	53.3	22	1610	27300	199	29.0	5.54	7.00	2.80	1.04	33.2	4.39

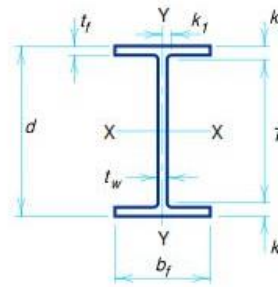


## W SHAPES Dimensions

Designation	Area A in. <sup>2</sup>	Depth d in.		Web			Flange			Distance			
				Thickness t <sub>w</sub> in.	t <sub>w</sub> 2 in.	Width b <sub>f</sub> in.	Thickness t <sub>f</sub> in.	T in.	k in.	k <sub>1</sub> in.			
W12×336*	98.8	16.82	16 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1.775	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	13.385	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2.955	2 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
×305*	89.6	16.32	16 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.625	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	13 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	13.235	13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2.705	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>
×279*	81.9	15.85	15 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1.530	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	13.140	13 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2.470	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
×252*	74.1	15.41	15 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.395	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	13.005	13	2.250	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>
×230*	67.7	15.05	15	1.285	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	12.895	12 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2.070	2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
×210*	61.8	14.71	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.180	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	12.790	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.900	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
×190	55.8	14.38	14 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.060	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	12.670	12 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.735	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
×170	50.0	14.03	14	0.960	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12.570	12 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.560	1 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
×152	44.7	13.71	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.870	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	12.480	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.400	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
×136	39.9	13.41	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.790	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	12.400	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.250	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1
×120	35.3	13.12	13 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.710	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	12.320	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.105	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1
×106	31.2	12.89	12 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.610	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	5 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	12.220	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.990	1	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>
×96	28.2	12.71	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.550	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	5 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	12.160	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.900	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
×87	25.6	12.53	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.515	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.125	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.810	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
×79	23.2	12.38	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.470	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.080	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.735	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
×72	21.1	12.25	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.430	7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.040	12	0.670	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
×65	19.1	12.12	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.390	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	12.000	12	0.605	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
W12×58	17.0	12.19	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.360	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	10.010	10	0.640	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
×53	15.6	12.06	12	0.345	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	9.995	10	0.575	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
W12×50	14.7	12.19	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.370	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8.080	8 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.640	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
×45	13.2	12.06	12	0.335	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8.045	8	0.575	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
×40	11.8	11.94	12	0.295	5 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8.005	8	0.515	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
W12×35	10.3	12.50	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.300	5 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.560	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.520	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>
×30	8.79	12.34	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.260	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	6.520	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.440	7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
×26	7.65	12.22	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.230	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	6.490	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.380	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
W12×22	6.48	12.31	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.260	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4.030	4	0.425	7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
×19	5.57	12.16	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.235	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4.005	4	0.350	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
×16	4.71	11.99	12	0.220	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3.990	4	0.265	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
×14	4.16	11.91	11 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.200	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3.970	4	0.225	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>



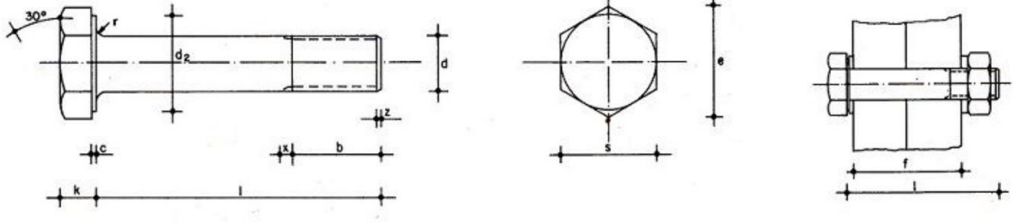
## W SHAPES Properties



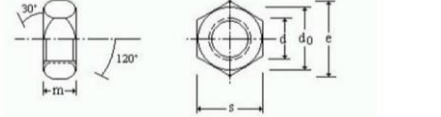
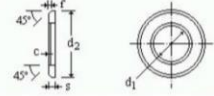
Nom- inal Wt. per ft	Compact Section Criteria			$X_1$	$X_2 \times 10^6$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
						Axis X-X			Axis Y-Y			$Z_x$	$Z_y$
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{h}{t_w}$	$F_y'''$			$I$	$S$	$r$	$I$	$S$	$r$		
	lb		ksi			ksi	$(1/\text{ksi})^2$	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.
336	2.3	5.5	—	12800	6.05	4060	483	6.41	1190	177	3.47	603	274
305	2.4	6.0	—	11800	8.17	3550	435	6.29	1050	159	3.42	537	244
279	2.7	6.3	—	11000	10.8	3110	393	6.16	937	143	3.38	481	220
252	2.9	7.0	—	10100	14.7	2720	353	6.06	828	127	3.34	428	196
230	3.1	7.6	—	9390	19.7	2420	321	5.97	742	115	3.31	386	177
210	3.4	8.2	—	8670	26.6	2140	292	5.89	664	104	3.28	348	159
190	3.7	9.2	—	7940	37.0	1890	263	5.82	589	93.0	3.25	311	143
170	4.0	10.1	—	7190	54.0	1650	235	5.74	517	82.3	3.22	275	126
152	4.5	11.2	—	6510	79.3	1430	209	5.66	454	72.8	3.19	243	111
136	5.0	12.3	—	5850	119	1240	186	5.58	398	64.2	3.16	214	98.0
120	5.6	13.7	—	5240	184	1070	163	5.51	345	56.0	3.13	186	85.4
106	6.2	15.9	—	4660	285	933	145	5.47	301	49.3	3.11	164	75.1
96	6.8	17.7	—	4250	405	833	131	5.44	270	44.4	3.09	147	67.5
87	7.5	18.9	—	3880	586	740	118	5.38	241	39.7	3.07	132	60.4
79	8.2	20.7	—	3530	839	662	107	5.34	216	35.8	3.05	119	54.3
72	9.0	22.6	—	3230	1180	597	97.4	5.31	195	32.4	3.04	108	49.2
65	9.9	24.9	—	2940	1720	533	87.9	5.28	174	29.1	3.02	96.8	44.1
58	7.8	27.0	—	3070	1470	475	78.0	5.28	107	21.4	2.51	86.4	32.5
53	8.7	28.1	—	2820	2100	425	70.6	5.23	95.8	19.2	2.48	77.9	29.1
50	6.3	26.2	—	3170	1410	394	64.7	5.18	56.3	13.9	1.96	72.4	21.4
45	7.0	29.0	—	2870	2070	350	58.1	5.15	50.0	12.4	1.94	64.7	19.0
40	7.8	32.9	59	2580	3110	310	51.9	5.13	44.1	11.0	1.93	57.5	16.8
35	6.3	36.2	49	2420	4340	285	45.6	5.25	24.5	7.47	1.54	51.2	11.5
30	7.4	41.8	37	2090	7950	238	38.6	5.21	20.3	6.24	1.52	43.1	9.56
26	8.5	47.2	29	1820	13900	204	33.4	5.17	17.3	5.34	1.51	37.2	8.17
22	4.7	41.8	37	2160	8640	156	25.4	4.91	4.66	2.31	0.847	29.3	3.66
19	5.7	46.2	30	1880	15600	130	21.3	4.82	3.76	1.88	0.822	24.7	2.98
16	7.5	49.4	26	1610	32000	103	17.1	4.67	2.82	1.41	0.773	20.1	2.26
14	8.8	54.3	22	1450	49300	88.6	14.9	4.62	2.36	1.19	0.753	17.4	1.90

Fuente: Manual AHMSA. p. 270.

## ANEXO 3. TAMAÑOS Y ESPECIFICACIONES DE PERNOS, TUERCAS Y ARANDELAS DE ALTA RESISTENCIA



Tornillo tipo	Vástago					Cabeza					Diámetro del agujero a mm	
	Diámetro de la caña d mm	Longitud roscada b en función de la longitud total l				Longitud de la salida x mm	Espesor k mm	Medida entre caras s mm	Medida entre aristas e ≈ mm	Diámetro exterior de la base de la cabeza d <sub>2</sub> (min) mm		Radio del acuerdo r mm
		l mm	b mm	l mm	b mm							
TR 12	12	≥40	21	≥ 45	23	2.5	8	22	25.4	20.0	1.6	13-14
TR 16	16	≥70	26	≥ 75	28	3.0	10	27	31.2	25.0	1.6	17-18
TR 20	20	≥85	31	≥ 90	33	4.0	13	32	36.9	30.0	2.0	21-22
TR 22	22	≥85	32	≥ 90	34	4.0	14	36	41.6	34.0	2.0	23-24
TR 24	24	≥85	34	≥ 90	37	4.5	15	41	47.3	39.0	2.0	25-26
TR 27	27	≥95	37	≥100	39	4.5	17	46	53.1	43.5	2.5	28-29

Tuerca tipo	Dimensiones					
	Diámetro nominal d mm	Diámetro de la cara de apoyo d <sub>0</sub> mm	Espesor m mm	Medidas entre aristas e mm	Medidas entre caras s mm	Peso de 1000 piezas kg
MR 12	12	20.0	10	25.4	22	23.0
MR 16	16	25.0	13	31.2	27	44.8
MR 20	20	30.0	16	36.9	32	73.9
MR 22	22	34.0	18	41.6	36	104.0
MR 24	24	39.0	19	47.3	41	155.0
MR 27	27	43.5	22	53.1	46	224.0

Arandela tipo	Dimensiones					
	Diámetro interior d <sub>1</sub> mm	Diámetro exterior d <sub>2</sub> mm	Espesor s mm	Profundidad del bisel interior c mm	Profundidad del bisel exterior f mm	Peso de 1.000 piezas kg
AR 12	13	24	3	1.6	0.5	7.03
AR 16	17	30	4	1.6	1.0	14.60
AR 20	21	36	4	1.6	1.0	20.00
AR 22	23	40	4	2.0	1.0	24.80
AR 24	25	44	4	2.0	1.0	30.60
AR 27	28	50	5	2.5	1.0	50.20

Fuente: Manual AHMSA. p. 275.

## ANEXO 4. TABLAS DE DISEÑO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A 5000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500 A 3000	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1500	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

<b>ESTRUCTURAS:</b>	CARGA	H-15-S-12	<b>NOTAS:</b>
	ALTURA LIBRE	4.75 m	1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
	ANCHO RODADURA	7.90 m	2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
<b>ESFUERZOS UNITARIOS</b>	CONCRETO CLASE "A"		3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
	ACERO DE REFUERZO		4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras
	ACERO ESTRUCTURAL		Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico(caliente o frío) o tratamiento superficial
	* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=		Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento
	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL		superficial doble; para tipo "D":Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup.
			Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.

Fuente: Dirección General de Caminos

VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																										
ANCHO CALZADA	TÍPICA "E" 5.50			TÍPICA "D" 6.00							TÍPICA "C" 6.50							TÍPICA "B" 7.20								
	30	40	50	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	
1°	0.60	0.60	0.60	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
2°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	AN	AN	AN	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN
3°	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70			AN	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60			AN	AN	AN	AN	AN
4°	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.80				AN	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60			AN	AN	AN	AN	AN
5°	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90					0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				AN	AN	AN	AN	AN
6°	0.80	0.80	0.90	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90					0.60	0.60	0.60	0.70						AN	AN	AN	AN	AN
7°	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90						0.60	0.60	0.60	0.70						AN	AN	AN	AN	0.6
8°	0.90	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.90						0.60	0.60	0.70							AN	AN	AN	AN	0.60
9°	0.90	1.00	1.10	0.80	0.90	1.00							0.60	0.70	0.80							AN	AN	AN	AN	0.60
10°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.10							0.70	0.80	0.90							AN	AN	AN	AN	0.60
11°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00								0.70	0.80								0.60	0.60			
12°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10								0.80	0.90								0.60	0.60			
13°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10								0.80	0.90								0.60	0.60			
14°	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20								0.90	1.00								0.60	0.60			
15°	1.20	1.40	1.50	1.20	1.20								1.00	1.10								0.60	0.70			
16°	1.30	1.40		1.20									1.00									0.60				
17°	1.30	1.50		1.30									1.10									0.70				
18°	1.40	1.50		1.30									1.10									0.70				
19°	1.40	1.60		1.40									1.20									0.80				
20°	1.50	1.60		1.40									1.20									0.80				
21°	1.50	1.70		1.50									1.30									0.90				
22°	1.60	1.70		1.50									1.30									0.90				
23°	1.60	1.80		1.60									1.40									1.00				
24°	1.70	1.80		1.60									1.40									1.00				
25°	1.70			1.60									1.40									1.00				
26°	1.80			1.60																						
27°	1.80			1.60																						
28°	1.90			1.60																						
29°	1.90			1.60																						
30°	2.00			1.60																						
31°	2.00			1.60																						
32°	2.10			1.60																						
33°	2.10			1.60																						
34°	2.20			1.70																						
35°	2.20			1.70																						
36°	2.30			1.80																						
37°	2.30			1.80																						
38°	2.40			1.90																						

GRADO DE CURVATURA

1.- LOS SOBREAÑCHOS FUERON CALCULADOS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE LA AASHO

2.- EL SOBREAÑCHO SE REPARTIRÁ PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL

3.- SOBRE LAS LINEAS HORIZONTALES LOS VALORES CALCULADOS FUERON MENORES DE 0.80 m. PERO MAYORES QUE 0.50m., EN CASO DE SER MENORES DE 0.80 m. NO SE USARA SOBREAÑCHO.-

4.- PARA ANCHO DE CALZADA DE 7.20m., Y VELOCIDADES MAYORES DE 70 KPH LAS CURVAS NO SERAN SOBREAÑCHADAS

5.- ANCHOS DE CALZADA Y SOBREAÑCHOS EN METROS. VELOCIDADES EN KPH= KILOMETROS POR HORA.

6.- ANCHOS NORMAL

Leiscod

VELOCIDAD C°	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120																			
	Db=27	I:125	Db=30	I:140	Db=33	I:155	Db=37	I:170	Db=40	I:185	Db=43	I:200	Db=46	I:215	Db=50	I:230	Db=53	I:245	Db=56	I:260																		
	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls																		
1°	1145.82	BN	17	0°51'	BN	23	1°08'	BN	28	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°30'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°06'	5.5	67	3°21'							
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	28	2°48'	2.8	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	9.0	79	7°54'	9.9	94	9°24'							
3°	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°27'	2.9	28	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'													
4°	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	28	5°36'	5.5	35	7°00'	7.47	49	9°48'	9.1	65	13°00'	10.00	77	15°24'																
5°	229.18	1.7	17	4°15'	3.1	23	5°45'	4.8	28	7°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'																			
6°	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.8	32	9°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	19°12'																						
7°	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	18°54'	10.00	67	23°27'																						
8°	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																									
9°	127.32	3.1	17	7°39'	5.5	28	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																									
10°	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	49	24°30'	10.00	61	30°30'																									
11°	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°09'	9.1	51	28°03'																												
12°	95.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																												
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	55	35°45'																												
14°	81.85	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	56	39°12'																												
15°	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.00	56	42°00'																												
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																															
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																															
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																															
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45°36'																															
20°	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	49°00'																															
21°	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																															
22°	52.09	7.2	32	35°12'	9.9	50	55°00'																															
23°	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																															
24°	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																															
25°	45.84	7.9	36	45°00'																																		
26°	44.07	8.1	37	48°06'																																		
27°	42.44	8.3	37	49°57'																																		
28°	40.93	8.5	38	53°12'																																		
29°	39.51	8.7	39	56°33'																																		
30°	38.20	8.9	40	60°00'																																		
31°	36.97	9.0	41	63°33'																																		
32°	35.81	9.2	41	66°36'																																		
33°	34.73	9.3	42	69°18'																																		
34°	33.70	9.4	42	71°24'																																		
35°	32.74	9.5	43	75°15'																																		
36°	31.83	9.6	43	77°24'																																		
37°	30.97	9.7	44	81°24'																																		
38°	30.16	9.8	44	83°36'																																		

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "A" RECOMENDADO POR LA AASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Leiscod

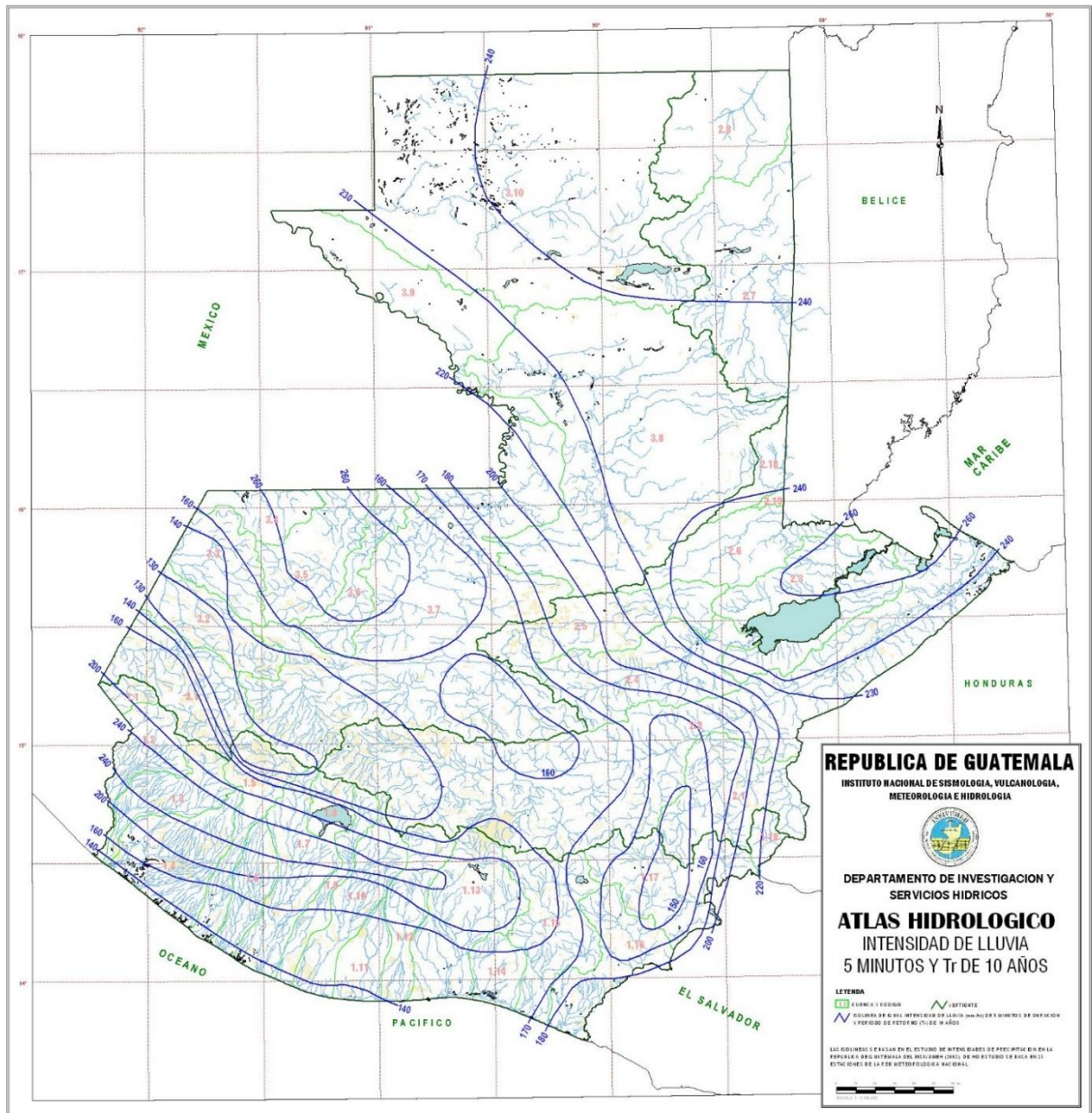
## ANEXO 5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LA PUBLIC ROAD ADMINISTRATION (PRA)

<b>CLASIFICACIÓN PRA</b>											
GRUPO SUB-GRUPO	Suelos Granulares: 35% o menos pasa malla # 200					Suelos Arcillosos y Limosos: Más de 35% pasa malla # 200					
	A-1		A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5*
Porcentaje de material que pasa el tamiz											
No. 10	50max		51min					36min	36min	36min	36min
No. 40	30max		10max								
No. 200	15max			35max	35max	35max	35max				
Plasticidad											
Pasa la malla # 40											
LL								40max	41min	40max	41min
IP	6max		NP	10max	10max	11min	11min	10max	10max	11min	11min
Índice de Grupo <sup>a</sup>	0	0	0	0	0	4max	4max	8max	12max	16max	20max
Materiales Constructivos	Fragmentos de Piedra, grava y Arena		Arena Fina	Grava y/o Arena limosa	Grava y/o Arena arcillosa			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Calidad (Subrasante)	Excelente a Buena					Regular a Mala					

<sup>a</sup> Índice de Grupo =  $IG = (F_{200} - 35) [0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (F_{200} - 15) (IP - 10)$   
 \* A-7-5: IP menor o igual a LL - 30      \* A-7-6: IP mayor que LL - 30

Fuente: Dirección General de Caminos.

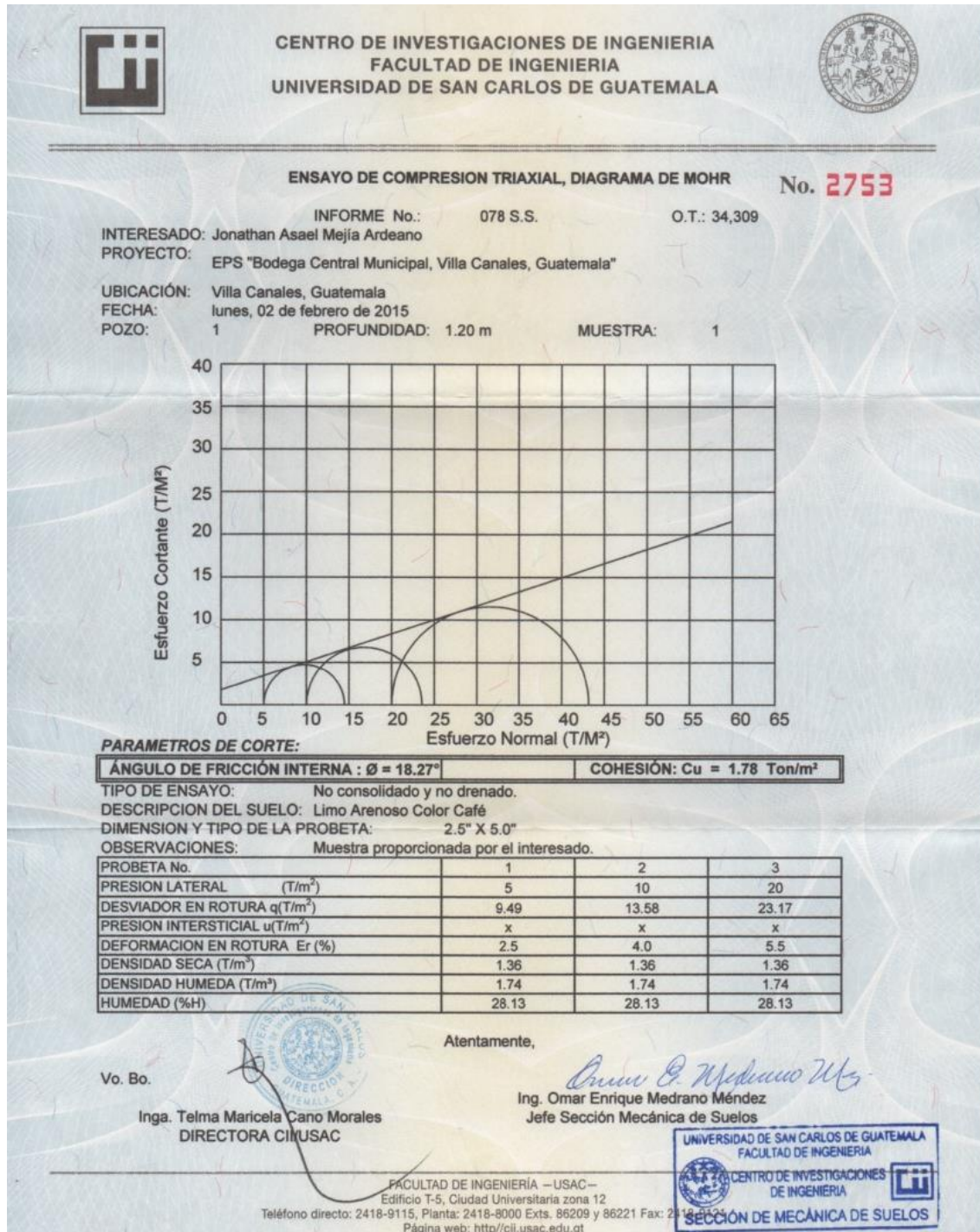
## ANEXO 6. ATLAS HIDROLÓGICO DE INTENSIDAD DE LLUVIA



Fuente: *Atlas climatológico*. <http://i0.wp.com/pbs.twimg.com/media/CMZk23JrsI981AAqrYX.jpg>.

Consulta: septiembre de 2015.

# ANEXO 7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELO







CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 079 S.S. O.T.: 34,308

No. 2754

INTERESADO: Jonathan Asael Mejía Ardeano

PROYECTO: EPS "Bodega Central Municipal, Villa Canales, Guatemala"

ASUNTO: ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL SUELO

UBICACION: Villa Canales, Guatemala

FECHA: lunes, 02 de febrero de 2015

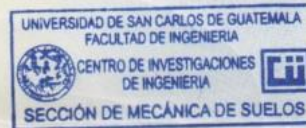
RESULTADOS:

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO MASA DE SUELO	DESCRIPCIÓN
1	1.74 gr/cm <sup>3</sup>	Limo Arenoso Color Café

OBSERVACIONES:

Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



*Omar E. Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 074 S.S.

O.T.: 34,308

No. 2749

Interesado: Jonathan Asael Mejía Ardeano

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que conduce a la Aldea Chichimecas Villa Canales, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Villa Canales, Guatemala

FECHA: lunes, 02 de febrero de 2015

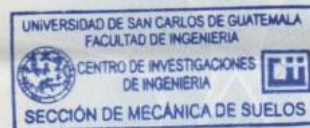
RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena con Grava Limosa Color Café

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

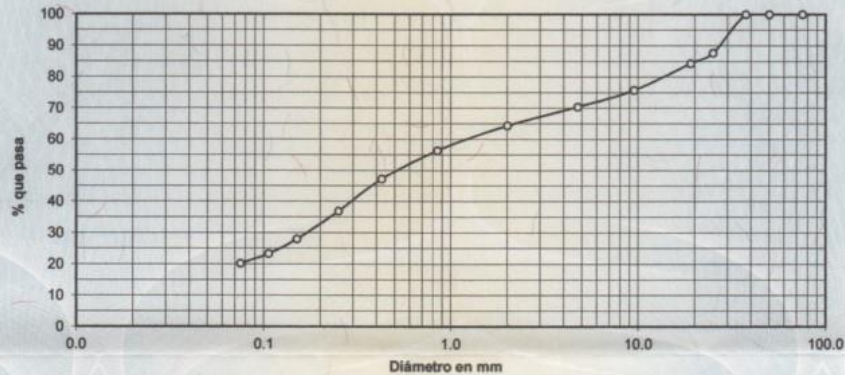


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Informe No.: 075 S.S. O.T.: 34,308 No. **2750**  
 Interesado: Jonathan Asael Mejía Ardeano  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo  
 Norma: ASTM D6913-04  
 Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que conduce a la Aldea Chichimecas Villa Canales, Guatemala"  
 Ubicación: Villa Canales, Guatemala  
 Fecha: lunes, 02 de febrero de 2015

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	64.39
2"	50 mm	100.00	20	850 $\mu$ m	56.44
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 $\mu$ m	47.18
1"	25 mm	87.68	60	250 $\mu$ m	36.89
3/4"	19.0 mm	84.29	100	150 $\mu$ m	28.00
3/8"	9.5 mm	75.81	140	106 $\mu$ m	23.37
4	4.75 mm	70.43	200	75 $\mu$ m	20.24



Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café  
 Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 29.57 D10: \*  
 P.R.A.: A-1-b % de Arena: 50.20 D30: 0.18 mm  
 % de finos: 20.24 D60: 1.20 mm

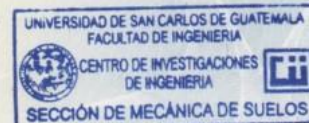
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.  
 \* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 076 S.S.

O.T.: 34,308

No. 2751

Interesado: Jonathan Asael Mejia Ardeano

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

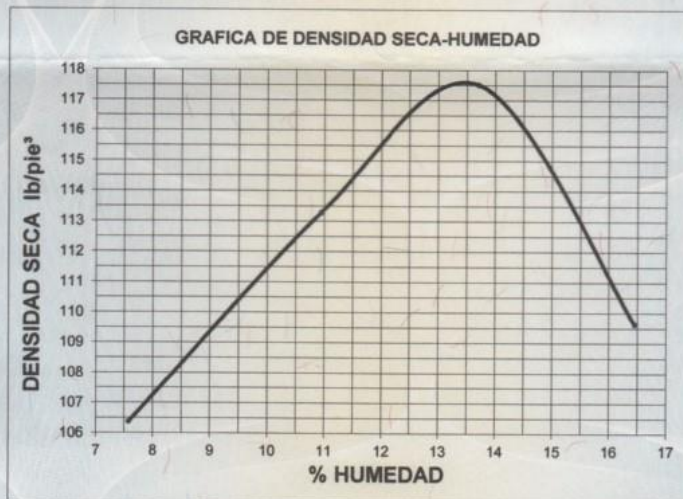
Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que conduce a la Aldea Chichimecas Villa Canales, Guatemala"

Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: Villa Canales, Guatemala

Fecha: lunes, 02 de febrero de 2015

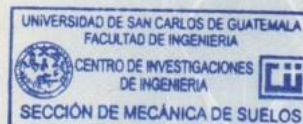


Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café

Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,882.35 Kg/m<sup>3</sup> 117.50 lb/ft<sup>3</sup>

Humedad óptima  $H_{op}$ : 13.50 %

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.  
Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

*Omar Enrique Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



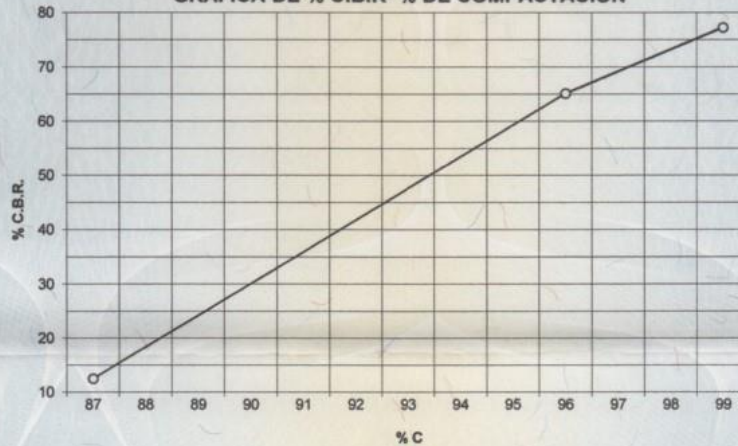
INFORME No. 077 S.S.

O.T. No. 34,303 No. **2752**

Interesado: Jonathan Asael Mejia Ardeano  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que conduce a la Aldea Chichimecas Villa Canales, Guatemala"  
 Ubicación: Villa Canales, Guatemala  
 Descripción del suelo: Arena con Grava Limosa Color Café  
 Fecha: miércoles, 05 de noviembre de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	$\gamma_d$ (Lb/pie <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(%)
1	10	13.50	103.24	87.9	0.61	12.51
2	30	13.50	113.48	96.6	0.59	65.15
3	65	13.50	117.16	99.7	0.52	77.26

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

*Omar Enrique Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

**ANEXO 8. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA  
CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA  
CHICHIMECAS, VILLA CANALES, GUATEMALA**

**EVALUACION AMBIENTAL INICIAL**

(Formato propiedad del MARN)

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita mas espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:yunica@marn.gob.gt">yunica@marn.gob.gt</a></li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
<p><b>I. INFORMACIÓN LEGAL</b></p>	
<p><b>I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE A LA ALDEA CHICHIMECAS, VILLA CANALES, GUATEMALA.</b></p>	
<p><b>1.1.1 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento</b> Mejoramiento de la actual carretera de terracería que conduce a la aldea Chichimecas, Villa Canales, Guatemala.</p>	
<p><b>I.2. Información legal:</b></p> <p><b>A) Nombre del Proponente o Representante Legal:</b></p> <p>Lic: Erick Estuardo Pocasangre Moran.</p> <p><b>B) De la empresa:</b> Razón social: Municipalidad de Villa Canales</p> <p>Nombre Comercial: No aplica</p> <p>No. De Escritura Constitutiva: _____ No aplica _____</p> <p>Fecha de constitución:</p> <p>Patente de Sociedad      Registro No. _____ No aplica _____      Folio No. _____ No aplica _____      Libro No. _____ No aplica _____</p> <p>Patente de Comercio      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____</p> <p>No. De Finca _____ No aplica _____      Folio No. _____ No aplica _____      Libro No. _____ No aplica _____ _____ de _____ No aplica _____ _____ No aplica _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): 538022-7</p>	
<p><b>I.3 Teléfono: 66358181    Fax Correo electrónico: <a href="mailto:dmpvillacanales@gmail.com">dmpvillacanales@gmail.com</a></b></p>	

5	Visual	Cambio modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	o	Considerando la implementación de los servicios, se puede determinar que el proyecto aporta impactos positivos, mejorando sustancialmente la calidad del lugar ya que genera mejora en los accesos y plusvalía.	No aplica	Mantenimiento periódico del las rejillas y cunetas. El responsable será el comité de desarrollo comunitario, la comunidad y la municipalidad.
---	--------	--	---	---	-----------	---

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

<p><b>V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</b></p> <p><b>CONSUMO</b></p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ 80 _____</p> <p>V.2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____</p> <p>b) Sistema privado _____</p> <p>c) generación propia _____</p> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?          SI _____ NO <u>x</u> _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p>
<p><b>VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p> <p><b>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</b></p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:</p>
<p><b>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</b></p> <p>a) inundación ( x )      b) explosión ( )      c) deslizamientos ( )</p> <p>d) derrame de combustible ( x )      e) fuga de combustible ( x )      d) Incendio ( )      e) Otro ( )</p> <p>Detalle la información explicando el por qué? Debido a las lluvias se pueden producir empozamientos de agua. Si no se tiene un buen control de servicios de la maquinaria pesada pueden ocurrir percances de fugas de combustibles y/o aceites.</p>
<p><b>VI.3 Riesgos ocupacionales:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p>





			trabajador por uso de sanitario.		
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica	No aplica
		Escorrentía superficial.	Erosión de suelo.	Lugares colindantes al área de construcción.	Determinar el curso de las escorrentías para evitar cambios bruscos, o sobre explotación de las áreas colindantes, regirse por el diseño de los gavantos, cunetas y topografía del lugar.
		Agua de lluvia	Escorrentía superficial.	Áreas aledañas o de influencia de 50 a 200m.	Determinar el curso de las escorrentías para evitar erosión ó desprendimientos de tierra, deslizamientos, principalmente en áreas aledañas.
		Desechos sólidos (basura común)	generación de desechos producto de la actividad humana	Áreas aledañas a la construcción	Implementar un sistema de recolección apropiado y disponerlo en un lugar autorizado por la municipalidad, por ningún motivo puede deponerse restos de la construcción en predios baldíos sin autorización municipal.
3	Suelo	Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	No aplica	No aplica	No aplica, ya que en el proyecto no se utilizara algún tipo de material que permita deshacer químicos tóxicos.
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	No aplica	No aplica	No aplica, se utilizara sanitarios portátiles o en su defecto las instalaciones existentes.
		Modificación del relieve o topografía del área.	No aplica	No aplica	No aplica ya que se cuenta con diseño compatible y de modificaciones mínimas en la topografía y corresponde únicamente a construcción.
		Flora (árboles, plantas)	No aplica	No aplica	El área ha sido intervenida con anterioridad
4	Biodiversidad	Fauna (animales)	No aplica	No aplica	El área ha sido intervenida con anterioridad
		Ecosistema	No aplica	No aplica	El área ha sido intervenida con anterioridad
		Modificación del paisaje	No aplica	No aplica	El aspecto visual y estético no será modificado significativamente.

Otros	Aditivos para concreto	Si	120 gal/mcs	Ferretería privada	Retardante y fluidificante de concreto	para efectos diferentes No se permite el uso de aditivos para efectos diferentes	Toncls.
-------	------------------------	----	-------------	--------------------	--	---	---------

**III. TRANSPORTE**

III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

- a) Número de vehículos \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_
- b) Tipo de vehículo \_\_\_\_\_ 2 livianos, 3 camiones, y 5 máquinas pesadas \_\_\_\_\_
- c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa: los vehículos livianos serán relacionados a visitas de supervisión y el resto para trabajos en el lugar, al finalizar las labores, estos deberán resguardarse en lugares apropiados donde no representen riesgo a la población.

**IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD**

**IV.1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES**

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Medio	Lugares cercanos al área de construcción, en un radio de influencia de 250 metros.	Mantenimiento húmedo de las áreas colindantes. Cubrir con nylon los materiales volátiles, como arena o grava.
		Ruido	Motores de combustión (camiones y maquinaria pesada)	Lugares cercanos al área de construcción y caminos de acceso (eventual)	Operación de vehículos solamente dentro del horario diurno, salvo emergencias.
		Partículas en suspensión	Emisión a la atmósfera.	Lugares cercanos al área de construcción, en un radio de influencia de 250 metros.	Mantener los vehículos en buen estado y que estén apagados los motores de preferencia si funcionan con combustible tipo diesel.
2	Agua	Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas).	Cada persona genera aproximadamente 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 g. de sólidos secos, incluidos 90 g. de materia orgánica, 20 g. de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio. (Mara y Caimcross, 1990). Considerando un gasto promedio de 2.50 lt. Al día por	Efluente de los servicios sanitarios.	Instalar sanitarios portátiles (cuando amerite) en caso contrario utilizar instalaciones existentes, por ningún motivo debe de ponerse excretas a flor de tierra en sitios baldíos ya que representa grave riesgo a la salud humana.



DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Finca San Agustín	Norte	Colindante.
Finca Las Mercedes	Sur	Colindante.
Caserío Rustrián	Este	Colindante.
Casas de Villa Canales	Oeste	Colindante.

**II.5 Dirección del viento:**

El municipio de Villa Canales se encuentra entre accidentes geográficos de regular envergadura, incluyendo montañas lo que hace un territorio con categoría de vientos no trascendentales y que por lo regular soplan son una dirección predominante del Noreste con un promedio del 80% anual, por lo cual es susceptible territorialmente a una erosión eólica en las partes más altas.

**II.7 Datos laborales**

a) Jornada de trabajo: Diurna ( x ) Nocturna ( ) Mixta ( ) Horas Extras

b) Número de empleados por jornada: \_\_entre\_20\_y\_30\_\_ Total empleados: \_\_45\_\_ entre supervisores, operadores de maquinaria, maestro de obra, albañiles, ayudantes, y otros.

d) Otros datos laborales, especifique:

**II.8 PROYECCION DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...**

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad (m <sup>3</sup> /día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	75 m <sup>3</sup> /día	Municipalidad o pozos públicos	Para humedecer el material a utilizar como subbase y subbase, así como también para la mezcla del concreto.	Uso condicionado	Camiones cisterna bien sellados para evitar la proliferación de zancudos.
Combustible	Gasolina	Si	30 gl/mes	Gasolineras privadas	Vehículos de supervisión	No se permite el uso de combustible para efectos diferentes	No aplica
	Diesel	Si	260 gl/día (variable)	Gasolineras privadas	Camiones y maquinaria pesada	No se permite el uso de combustible para efectos diferentes	Toncales y canecas.
Lubricantes	Aceites y/o grasas	Si	80 gal/mes	Taller privado de mecánica	Lubricaciones de motores y maquinaria	No se permite el uso de lubricantes para efectos diferentes	Toncales y cubetas.
Refrigerantes	Refrigerante	Si	30 gal/mes	Taller privado de mecánica	Refrigerantes de motores y maquinaria	No se permite el uso de refrigerantes	Cubetas.



**1.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto:**  
 Cabecera Municipal, Municipio de Villa Canales departamento de Guatemala

Especificar Coordenadas UTM o Geográficas

<b>Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</b>	<b>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</b>
14°31'26.3" N	
90°31'59.7" O	

**1.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)**  
 8ta. Calle 1-64 Zona 1 Villa Canales, Guatemala.

**1.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo**

**II. INFORMACION GENERAL**

El proyecto consiste en el mejoramiento de la carretera de terracería que conduce a la aldea Chichimecas, Villa Canales, Guatemala. El mejoramiento consiste en construir una estructura de pavimento rígido, de esta manera la carretera puede ser transitable en cualquier época del año beneficiando así a todos los pobladores de la aldea Chichimecas.

Etapa de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
El proyecto consiste en la construcción de la estructura de pavimento rígido junto con sus respectivos drenajes.	Durante la operación del proyecto se tiene contemplado que el beneficio directo sea para un aproximado de 350 personas al día e indirectamente beneficiará a más de 800 personas al día.	No aplica ya que la carretera será parte de la infraestructura básica del lugar.
** Adjuntar planos		

**II.3 Área**

a) Área total de terreno en metros cuadrados: \_\_\_\_\_ 23 400 m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: \_\_\_\_\_ 16 250 m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

c) Área total de construcción en metros cuadrados: \_\_\_\_\_ 16 250 m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

**II.4 Actividades colindantes al proyecto:**

NORTE \_\_\_\_\_ Finca San Agustín \_\_\_\_\_ SUR \_\_\_\_\_ Finca Las Mercedes \_\_\_\_\_  
 ESTE \_\_\_\_\_ Caserío Rustrian \_\_\_\_\_ OESTE \_\_\_\_\_ Casas de Villa Canales \_\_\_\_\_

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):



Ampliar información:

**VI.4 Equipo de protección personal**

VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( x ) NO ( )

VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: guantes, uniformes, cascos, chalecos fluorescentes de seguridad, botas, vallas y similares.

VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

Mantener húmedas y señalizadas las áreas colindantes al zanjero, la bodega de campamento deberá estar señalizada y ordenada, para los trabajadores mantener a todo el personal en planilla de seguridad social y usar el equipo apropiado, mantener los vehículos en buen estado de funcionamiento y perfectamente aparcados para evitar accidentes.

**DOCUMENTOS QUE DEBEN ADJUNTAR AL FORMATO:**

- Plano de localización o mapa escala 1:5000
- Plano de ubicación
- Plano de distribución
- Plano de los sistemas hidráulico sanitarios (agua potable, aguas pluviales, drenajes, planta de tratamiento
- Presentar original del documento en forma física y una copia completa del mismo en medio magnético (cd) (si el proyecto se encuentra fuera del departamento de Guatemala deberán presentarse dos copias magnéticas.)
- El expediente se imprimirá en ambos lados de las hojas
- Presentar una copia para sellar de recibido
- El documento deberá foliarse de adelante hacia atrás (dicha foliación irá solamente en las parte frontal de las hojas, esquina superior derecha)
- Fotocopia de cedula de vecindad
- Declaración jurada
- Fotocopia del Nombramiento del Representante Legal

**NOTA: EL TAMAÑO DE PLANOS DEBERA SER:**

- CARTA
- OFICIO
- DOBLE CARTA

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

